



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE MADRID
ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

SISTEMA BASADO EN ANDROID DE GUIADO DE TRANSPORTE PÚBLICO PARA PERSONAS CON NECESIDADES ESPECIALES

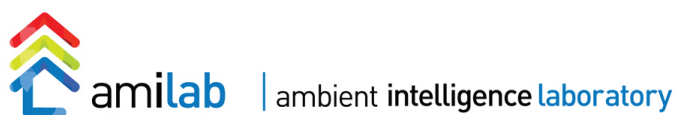
TRABAJO FIN DE GRADO

Eloy de la Rubia Luengo

Enero 2014

Tutores:

Javier Gómez Escribano
Germán Montoro Manrique



Resumen

Según la OMS en la actualidad las personas con algún tipo de discapacidad alcanzan el 15 % de la población mundial, con una especial prevalencia de la discapacidad en mujeres, en las personas de mayor edad, y en aquellas poblaciones con menores recursos. Entre las áreas de intervención prioritarias las áreas de educación y empleo son las más señaladas como medios imprescindibles para la integración social de ese colectivo.

Centrados en el ámbito de la discapacidad intelectual, se aprecian diferentes destrezas que el individuo con estas necesidades especiales debe desarrollar, como pueden ser la autonomía y responsabilidad en la realización de tareas. Ambas destrezas, pueden verse reforzadas en la realización de desplazamientos de una forma independiente, desde los desplazamientos cotidianos como ir al trabajo o a la casa de un familiar, hasta los desplazamientos eventuales. Las nuevas tecnologías suponen un punto de apoyo para la mejora de nuevas formas de asistencia en estos desplazamiento, potenciando el desarrollo cognitivo de la persona y ayudando a una adquisición progresiva de independencia a la hora de realizarlos.

De la necesidad de integración de este colectivo y gracias a estas nuevas tecnologías nace este Trabajo de Fin de Grado, centrado en facilitar los desplazamientos en el transporte público de la Comunidad de Madrid a personas con discapacidad intelectual, no sólo para la mejora laboral, sino para el desarrollo social y personal. Esta asistencia se realiza de manera personalizada y adaptada a sus necesidades gracias a la colaboración de sus cuidadores y a través de un teléfono inteligente o *smartphone*.

Palabras clave

Guiado en Transporte Público, Necesidades Especiales, Discapacidad Intelectual, Orientación, Inteligencia Ambiental, Teléfono Inteligente.

Abstract

Nowadays according to OMS the people with disabilities account for a 15 % of the overall population, with a particular prevalence of disabled women, old people, and lower income population. Among the priority areas, education and employment are identified as the most essential means of social integration for this group.

Focused on the field of intellectual disability, autonomy and responsibility are essential skills that people with these special needs should develop. Both skills can be reinforced in performing movements in an independent way on day to day basis (e.g. going to work, to the home, or any other regular movement). New technologies contribute to the improvement of new assistance models, enhancing the cognitive development and supporting the achievement of a progressive independence.

For the integration of these collective and due to this new technologies, this final project is focused on making easier movement in Madrid Public transportation for the intellectual disabled collectivity, not only for job improvement but also for personal and social development. This support is made on a customized and adaptive way to fulfill their necessities, thanks to their caregivers and through their smartphones.

Keywords

Guidance on Public Transport, Mental Impairment, Intellectual and cognitive Disabilities, Wayfinding, Ambient Intelligence, SmartPhone

Agradecimientos

En primer lugar, me gustaría agradecer a Doña Ana Vargas su gran ayuda en la realización del diseño. Gracias a la colaboración de profesionales como ella, pronto veremos grandes avances en el sector de la asistencia a personas con necesidades especiales.

Me gustaría también agradecer a AmILab por ofrecerme la oportunidad de desarrollar este proyecto junto a ellos. Ellos han conseguido que mi ilusión por desarrollar este proyecto fuese incrementando día a día, alimentándose de su ayuda, buen humor y compañía. Además, quería agradecer su gran afán por ayudar a este colectivo a través de las nuevas tecnologías.

Gracias a mis tutotes Javier Gómez y Germán Montoro por su gran apoyo y ayuda. Sin su especial colaboración en este *TFG* no hubiera podido llegar aquí en tan poco tiempo. Especialmente a Javi, con sus *meetings* de los martes, sus consejos y su intento fallido del “día de la tortilla” .

Agradecer también a todos los compañeros de batalla, ellos mejor que nadie saben lo que se sufre hasta llegar aquí y sin su ayuda, apoyo, colaboración y compañía nada hubiera sido lo mismo. Me gustaría agradecer a los que formamos desde el principio un grupo: Iñaki Torres, Adalberto Plaza, Juan Carlos Torrado y Santiago Pérez. Nunca olvidaré las tutorías que tantos exámenes me han salvado a última hora y vuestra colaboración en horas de estudio y prácticas. En especial, dar las gracias a Iñaki, el cual ha currado codo con codo conmigo y ha conseguido soportarme hasta el final.

Doy las gracias también a Marta por su ayuda moral durante todos estos años. Ella a sido mi mejor apoyo para los malos días y, aún mejor, para los buenos.

Finalmente, y no menos importante, doy las gracias a mi familia por todo su apoyo. Ella siempre ha estado ahí haciendo sacrificios, invirtiendo tiempo y dinero en buscar mi felicidad y, ayudándome a forjar un futuro mejor. A ella le estaré eternamente agradecido.

Eloy de la Rubia Luengo
23 de enero de 2014

Índice general

1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Aportación del proyecto	3
1.4. Estructura de la memoria	4
2. Personas con necesidades especiales	5
2.1. ¿Qué es la discapacidad intelectual?	5
2.2. Tipos de discapacidad intelectual	7
3. Estado del arte	9
3.1. Conclusiones	13
4. Diseño	15
4.1. Propuesta	15
4.2. Introducción	15
4.3. Requisitos	17
4.4. Modelo de diseño	18
5. Implementación	23
5.1. Servidor AssisT	23
5.2. Cliente móvil	25
5.2.1. Interfaz Gráfica	28
5.2.2. Preferencias	33
5.2.3. Registros	35
5.3. Cálculo de Ruta	38
5.3.1. Solicitud de ruta	38
5.3.2. Parámetros de la solicitud	39
5.3.3. Elementos de las respuestas de rutas	40
6. Pruebas y resultados	49
6.1. Introducción	49
6.2. Pruebas de funcionamiento	49
6.3. Pruebas en entorno real	50
6.3.1. Usuarios	50
6.3.2. Metodología	52
6.3.3. Análisis de datos	62
6.3.4. Conclusiones	64

7. Conclusiones	67
8. Trabajo Futuro	69
Bibliografía	71
A. Log generado en el caso de prueba	73
B. Cuestionario de Usabilidad	75
C. Cuestionario de información personal	77

Índice de Figuras

2.1. Modelo teórico de retraso mental según Luckasson y Cols [13]	5
2.2. Ejemplos de habilidades conceptuales, sociales y prácticas	6
3.1. Funcionamiento de un GPS.	11
3.2. Disposición de sensores en el cuerpo humano.	12
3.3. Capturas de pantalla de <i>WayFinder</i> .	12
4.1. Moovit	16
4.2. Google transit	17
4.3. Modelo de Diseño Centrado en el Usuario (<i>User Centered Design, UCD</i>)	19
4.4. Maqueta tras el primer ciclo de UCD	19
4.5. Maqueta tras el segundo ciclo de UCD	20
4.6. Maqueta final lista para su implementación	21
5.1. Arquitectura en la nube (<i>Cloud Computing</i>)	24
5.2. Arquitectura del cliente	26
5.3. Diagrama de Flujo	29
5.5. Botón de sonido	29
5.4. Pantallas principales	30
5.6. Iconos disponibles de cada vehículo	31
5.7. Número y nombre de la línea	31
5.8. Sentido de la línea de transporte público	32
5.9. Parada donde bajar	32
5.10. Botones de navegación	32
5.11. Pantalla principal de la interfaz	33
5.12. Pantalla de ajuste de preferencias	34
5.13. Pantallas principales	35
5.14. Formato de la solicitud de ruta	38
5.15. url para solicitud de la ruta	40
6.1. Gráfico de usuarios según el rango de edad	50
6.2. Porcentaje de hombres y mujeres	51
6.3. Transporte público más utilizado	51
6.4. Uso de una aplicación de transporte público	52
6.5. Ruta de prueba	53
6.6. Diagrama de Flujo	53
6.7. Dispositivo Google Nexus 5	54
6.8. Samsung Galaxy 3	55
6.9. Inicio de la ruta de prueba en el intercambiador de Plaza Castilla	56

6.10. Primer paso de la ruta	57
6.11. Transbordo en el intercambiador de Nuevos Ministerios	57
6.12. Segundo paso de la ruta	58
6.13. Últimos pasos de la ruta de prueba	59
6.14. Inicio de la ruta de prueba en el intercambiador de Plaza Castilla	60
6.15. Orientación en el intercambiador de Nuevos Ministerios	61
6.16. Tiempos estimados y tiempos efectuados en las pruebas	62
6.17. Estimación de usabilidad del sistema	64

Índice de Tablas

2.1. Diferentes tipos de discapacidad intelectual	7
5.1. Informe de IDC (<i>International Data Corporation</i>) del tercer trimestre del 2013	25
5.2. Valores de la propiedad <code>vehicle.type</code>	46

1 | Introducción

1.1. Motivación

Actualmente, la palabra *integración* esta muy presente en nuestra sociedad y, sobre todo, cuando hablamos de discapacidad intelectual. Los grandes avances sociales y tecnológicos realizados a favor de estas personas, el apoyo de asociaciones sin ánimo de lucro, el gobierno y especialistas del sector han ayudado a que estas personas disfruten de una vida con mayores recursos.

Las nuevas Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) se están convirtiendo en un elemento clave en la vida diaria y, entre otros aspectos, en la educación. La incorporación de las *TIC* en la educación permite nuevas formas de acceder, generar y transmitir información y conocimientos, a la vez que flexibilizar el tiempo y el espacio en el que se desarrolla la acción educativa.

Como profesionales en las nuevas tecnologías y comprometidos con mejorar la integración de las personas, en este caso concreto, personas con discapacidad intelectual, nace este Trabajo Fin de Grado (TFG). Este software específico se centra en asistir a estas personas en su vida diaria gracias al empleo de diferentes tecnologías y en potenciar la atención, la memoria, el lenguaje, la solución de problemas y el aprendizaje básico a través de un *smartphone* o teléfono inteligente.

En este *TFG* se ha diseñado y desarrollado un sistema de guiado en el transporte público para personas con discapacidad intelectual. Este sistema móvil se basa en la utilización de la *API de Rutas de Google* a través de una conexión a internet y la utilización del sistema de localización *GPS (Global Positioning System)* para el cálculo de rutas que se mostrarán de forma adaptada a las necesidades de los usuarios.

En concreto, el diseño de la interfaz de usuario ha supuesto el mayor reto, ya que se ha intentado que la interacción con el usuario sea lo más intuitiva posible, centrando el diseño en el usuario final quien utilizará el producto. En este caso, debido a que el usuario dispone de capacidades restringidas, nos hemos apoyado en los profesionales y expertos

que trabajan con estas personas.

1.2. Objetivos

Por todo lo anterior se han definido una serie de objetivos concretos que el sistema ayuda debe alcanzar y que marcan el rumbo del *TFG*.

Sistema adaptable: cada persona tiene unas necesidades y preferencias concretas, más aún cuando hablamos de personas con discapacidad intelectual, puesto que tienen unas necesidades especiales. Debido a esto, la herramienta debe ofrecer un sistema lo más adaptable posible, de forma que, cada usuario, cuente con unas preferencias a su medida.

Reducción de tiempo de aprendizaje: Las personas con estas necesidades especiales suelen hacer uso, en su mayoría, de un tutor que les educa y ayuda a desarrollar las tareas en su vida cotidiana. El proceso de aprendizaje suele ser lento y, debido a ello, la herramienta debe ayudar a reducir este tiempo de aprendizaje, facilitando las tareas del educador y, principalmente, facilitando las tareas al individuo.

Fiabilidad del guiado: el guiado en el transporte público es una tarea que depende de diversas variables externas y que suelen incrementar el grado de dificultad. ¿Qué ruta elegir? ¿qué vehículo coger? ¿qué sentido tomar? ¿en qué momento bajar del vehículo? entre otras. Son complicaciones que deben simplificarse y atomizarse lo más posible. Por ello, el sistema debe proporcionar una ruta adecuada al individuo y que en ningún momento lleve a error o confusión.

Mayor autonomía: comúnmente, las personas con discapacidad intelectual carecen de gran autonomía y responsabilidad debido a que suelen contar con una reducida memoria a corto plazo y déficits de atención. Es por ello que, el sistema, debe potenciar su memoria, atención y comprensión de una manera especial, dotando al individuo de mayor autonomía en los desplazamientos en transporte público y estimulando la valía de la persona.

Interfaz amigable: uno de los principales objetivos del sistema es la manera de llegar al individuo. En este caso, se tienen que tomar requisitos especiales para completar este objetivo, puesto que, según como se muestra la información y se interactúa con el usuario, el individuo entenderá su significado o no. El mostrar una imagen en vez de dibujo, el utilizar sonido a parte de texto, entre otras cosas, nos llevará a completar con éxito este objetivo.

Facilidad de uso: La sencillez del sistema es un objetivo muy a tener en cuenta cuando hablamos de discapacidad cognitiva. La herramienta debe de ser intuitiva y adaptarse a las necesidades especiales de cada usuario, dotando de una navegación simple.

Robustez: Todos sistema software debe garantizar una robustez, la cual determina, en gran parte, la calidad del producto. En este caso, la herramienta *AssisT-PT* debe ofrecer la máxima robustez posible, puesto que una persona con discapacidad intelectual ante un fallo no sabe como reaccionar.

No dependencia del sistema: la tendencia del proyecto es que el usuario se valga por si mismo, cambiando la interacción con el tutor a un segundo plano. No obstante, también debe cumplir que su uso sea educativo y con el tiempo en rutas ya aprendidas, su uso sea esporádico y su dependencia disminuya.

1.3. Aportación del proyecto

Este proyecto se centra principalmente en mejorar la vida cotidiana de personas con Discapacidad Intelectual (*DI*). Para ello, se les dota de este recurso tecnológico para alcanzar una mayor autonomía y responsabilidad a la hora de desplazarse, una mayor productividad, una mayor satisfacción y una mayor integración en la comunidad.

Los quehaceres de la vida cotidiana implican generalmente desplazamientos, como puede ser el desplazarse al centro de día, al centro de trabajo, a casa de algún familiar, etc. El aprendizaje de estos trayectos depende mucho del sujeto que los realiza y su condición y, generalmente, suele ser un proceso lento, plagado de dificultades que les produce inseguridad, tanto a ellos como a sus tutores. Es por ello por lo que el proyecto se ha centrado en realizar una mejora en este aspecto de su vida, más concretamente en el desplazamiento en el transporte público.

Como aportación a destacar, este sistema se basa en ser un módulo más del proyecto *AssisT*, desarrollado en el Laboratorio de Inteligencia Ambiental (*AmILab*). Más concretamente, se unirá al módulo ya existente *AssisT-OUT*, el cual comprende el guiado a pie para personas con discapacidad intelectual y se ve limitado en los largos desplazamientos, por la falta de utilización de algún medio de transporte. Como suplencia a esa limitación, nuestro sistema se complementará al módulo *AssisT-OUT*, haciendo de ello, un sistema más completo.

La herramienta desarrollada pretende potenciar el nivel de habilidad adaptativa de individuo y sus capacidades funcionales. Estas mejoras se deben apreciar al mostrar el individuo un menor tiempo de aprendizaje con asistencia de un tutor, e incluso prescindir del tutor. Además, debe ser perceptible un mayor grado de autonomía al realizar el usuario, con tan sólo su *smartphone*, los trayectos cotidianos e incluso atreverse con nuevos trayectos. Con esto contribuimos al desarrollo personal, social y emocional, fortaleciendo la autoestima y el sentimiento de valía de la persona y ofreciendo nuevas oportunidades.

1.4. Estructura de la memoria

La estructura de la memoria se descompone en los siguientes capítulos:

- 2 Personas con necesidades especiales:** Definición de discapacidad intelectual y sus tipos.
- 3 Estado del arte:** documentación y tecnologías relacionadas con el campo competente, fruto de motivación y desarrollo de este proyecto.
- 4 Diseño:** propuesta del proyecto, requisitos y modelo de diseño definidos.
- 5 Implementación:** definición de la arquitectura del sistema con sus respectivos componentes.
- 6 Pruebas y resultados:** Detalle de pruebas realizadas y ejemplo de alguna de ellas.
- 7 Conclusiones:** conclusiones obtenidas tras el desarrollo del sistema y el logro de los objetivos del proyecto.
- 8 Trabajo futuro:** propuestas de futuro a desarrollar y estudiar para hacer de ésta una herramienta más completa.

Anexos: apéndices que ayudan a una mejor comprensión del *TFG* en cuanto a aspectos específicos que por su longitud o naturaleza, no conviene tratar en otra sección de la memoria.

2 | Personas con necesidades especiales

2.1. ¿Qué es la discapacidad intelectual?

Según la *American Association on Intellectual and Developmental Disabilities, AAIDD*¹: “La discapacidad intelectual es una discapacidad caracterizada por limitaciones significativas en el funcionamiento intelectual (razonamiento, el aprendizaje, la solución de problemas) y en la conducta adaptativa, que cubre una amplia gama de habilidades sociales y prácticas cotidianas. Esta discapacidad se origina antes de los 18 años.” [13]

Esta definición mantiene criterios que venían siendo propuestos desde las anteriores definiciones de 1983 y 1992 [11]: limitaciones significativas en funcionamiento intelectual, en conducta adaptativa (concurrente y relacionada), y que se manifiesta durante el periodo de desarrollo.

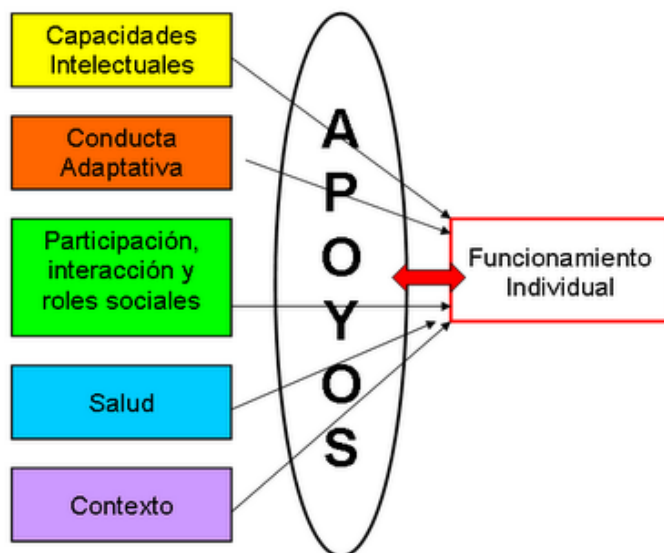


Figura 2.1: Modelo teórico de retraso mental según Luckasson y Cols [13]

El enfoque de la definición de discapacidad intelectual propuesta es un modelo teórico multidimensional, donde se parte de cinco premisas o dimensiones esenciales para su

¹<http://www.aaid.org>

aplicación. En la Figura 2.1, se presenta un diagrama de estas dimensiones y la inclusión del apoyo para mejorar el funcionamiento individual. A continuación listamos cinco dimensiones esenciales:

1. Capacidades Intelectuales
2. Conducta adaptativa (conceptual, social y práctica). En la Figura 2.2 se muestra una lista de las subdivisiones de este área.
3. Participación, Interacciones y Roles Sociales
4. Salud (salud física, salud mental, etiología)
5. Contexto (ambientes y cultura)

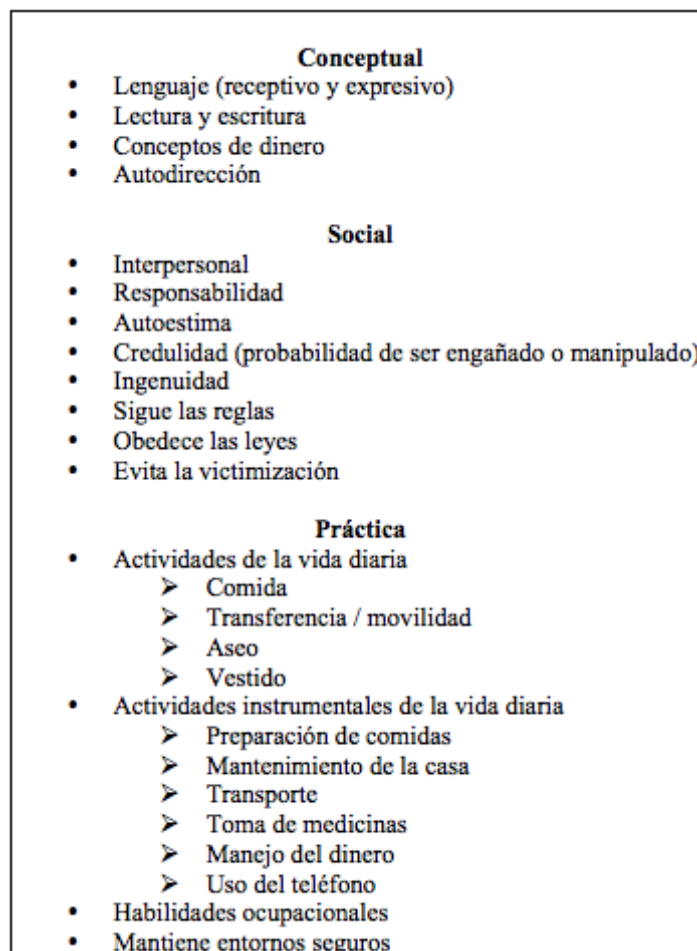


Figura 2.2: Ejemplos de habilidades conceptuales, sociales y prácticas

2.2. Tipos de discapacidad intelectual

Para determinar si un individuo es discapacitado intelectual, debe de ser diagnosticado a través de una prueba de Coeficiente Intelectual (CI) [14], donde el resultado obtenido debe ser significativamente bajo y se aprecian problemas considerables en su adaptación a la vida diaria. Según el CI obtenido diferenciamos los siguientes tipos:

- Discapacidad intelectual leve (CI: **50-55 a 70**)
- Discapacidad intelectual moderada (CI: **35-40 a 50-55**)
- Discapacidad intelectual grave (CI: **20-25 a 35-40**)
- Discapacidad intelectual profunda (CI: **<20-25**)

A continuación, en la tabla 2.1 se resumen los diferentes niveles de discapacidad, así como variables demográficas y las posibles capacidades que se pueden llegar a adquirir.

Variables	Leve	Moderado	Grave	Profundo
CI	50-55 a 70	35-40 a 50-55	20-25 a 35-40	<de 20-25
Edad Fallecimiento	50-59	50-59	40-49	Cerca de 20
% poblacion	89	7	3	1
Nivel socioeconómico	Bajo	Menos bajo	Sin sesgo	Sin sesgo
Nivel académico	6º curso	2º curso	-	-
Educación	Educable	Adiestrado	No adiestrable	No adiestrable
Residencia	Colectiva	Tutelada	Supervisados	Muy supervisados

Tabla 2.1: Diferentes tipos de discapacidad intelectual

A menudo, las personas con discapacidad intelectual padecen otro tipo de minusvalías, lo cual dificulta, aún más, su autonomía. Es por ello, por lo que se debe tener un especial cuidado en el diseño de cualquier sistema de apoyo basándose en estas necesidades especiales. En nuestro caso, el sistema se centra en personas con una discapacidad intelectual leve o moderada.

3 | Estado del arte

Las Tecnologías para la Asistencia (*Assistive Technologies, AT*) vienen definidas en el estándar ISO 9999 [1]: *“aquellos productos, instrumentos, equipos o sistemas técnicos fabricados expresamente para ser utilizados por personas con discapacidad y/o mayores; disponibles en el mercado para prevenir, compensar, mitigar o neutralizar una diversidad”*.

En este estándar se muestra la clasificación y terminología sobre productos de asistencia para personas con discapacidad. Además, abarca un amplio abanico y clasifica muchos elementos, desde que tipo de silla debe usar una persona con minusvalía, hasta los tipos de prótesis existentes. En el caso de nuestro sistema, nos centraremos en el código de clasificación ISO: **22.33.06**, el cual, comprende:

- Computadoras portátiles y PDA (Personal Digital Assistant).
- Computadoras portátiles que pueden funcionar con baterías, de modo que puedan usarse en cualquier lugar.
- Computadoras que funcionan conjuntamente con teléfonos móviles, tales como los teléfonos inteligentes, incluidos.

El estudio de las AT es un amplio campo que cuenta con variedad de artículos de investigación. No obstante, en el ámbito de la discapacidad cognitiva, no se cuenta con numerosos trabajos. LoPresti *et al.* [9] aportan un amplio análisis de estas tecnologías en este ámbito. En su artículo, se especifica una serie de requisitos que deben cumplir estas tecnologías para adaptarse a la discapacidad intelectual. Entre otros, la forma de mostrar la información al individuo de la manera más simple y a través de diversas formas como audio, vídeo, imágenes, etc. Es por esta razón que sugiere un diseño basado en el usuario y la utilización de metodologías basadas en él.

Al igual que LoPresti, otros investigadores como Ayres *et al.* en [4] o Wehmeyer y Shogren en [15] han contribuido con estudios sobre la aportación de las tecnologías móviles a personas con discapacidad cognitiva. Entre otras cosas, destacan el enorme potencial del uso de *smartphones* como ayuda para desarrollar las habilidades del individuo y su autonomía [7]. Por ejemplo, el simple hecho de poder situar a una persona en un punto

concreto gracias al GPS y, alertar mediante el uso de sonido, vibración, etc... hacen que estos dispositivos puedan aportar sustancialmente al desarrollo de sistemas de asistencia.

Carmien *et al.* [6] también hacen mención de las AT para personas con discapacidad intelectual. En su artículo, mencionan que un aspecto único del software y sistemas para personas con discapacidades cognitivas es que, mientras el foco principal es centrado en el usuario final, la persona con discapacidad cognitiva, el diseño y la evaluación deben involucrar al cuidador. Es decir, habla de que cada sistema utilizado debe estar formado por una pareja de roles, el usuario y el cuidador. Normalmente, el cuidador se hace cargo del desarrollo, configuración y mantenimiento de la AT, puesto que suele ser complejo para una persona con discapacidad intelectual. Asimismo, en [5], Carmien *et al.* describen una idea en el diseño del software donde el usuario final deje de utilizarlo, es decir, donde el individuo en cuestión utilice el software como aprendizaje pero, en la medida de lo posible, no dependa de él en el futuro. Finalmente, hace hincapié en los beneficios de trabajar con estas tecnologías y, dejando claro que éstas deben ser una ayuda y no un inconveniente para los educadores, puesto que en ningún caso se pretende excluirlos.

Además, otro trabajo que cabe destacar es el de Wood *et al.* en [16]. En el artículo, los autores presentan su investigación sobre la eficacia y los beneficios de la utilización de las tecnologías móviles convencionales. En ella, se ha puesto de manifiesto tanto los beneficios de los principales dispositivos móviles como iPads, así como los desafíos en su uso como ayudas técnicas. De acuerdo con la investigación, se demuestra los beneficios de asequibilidad y “normalidad” de estos dispositivos, así como las características multifuncionales que permiten a los participantes seguir una serie de actividades que incluyen la comunicación con otras personas, redes sociales, ocio y acceso a la información a través de la web. Sin embargo, la investigación ha revelado también varios retos que deben abordarse para asegurar que los participantes pueden beneficiarse de este tipo de tecnologías. Algunos de estos retos son, por ejemplo, la necesidad de una evaluación adecuada y “funciones de ajuste” para cada participante o, la velocidad a la que los participantes han podido adquirir las habilidades necesarias para lograr sus objetivos.

En cuanto al sistema de localización, la herramienta desarrollada se basa principalmente en la localización por satélite (GPS). El sistema GPS permite determinar en todo el mundo la posición de un objeto, una persona o un vehículo con una precisión de unos pocos metros. En el diagrama de la Figura 3.1, se puede observar el trabajo de un receptor GPS, el cual, es el de localizar tres o más de estos satélites, calcular la distancia a cada uno, y utilizar esta información para deducir su propia ubicación. Esta operación se basa en un principio simple llamado trilateración matemática. Es por tanto, el GPS, el sistema de localización más utilizado en aplicaciones móviles por su alta precisión y estar

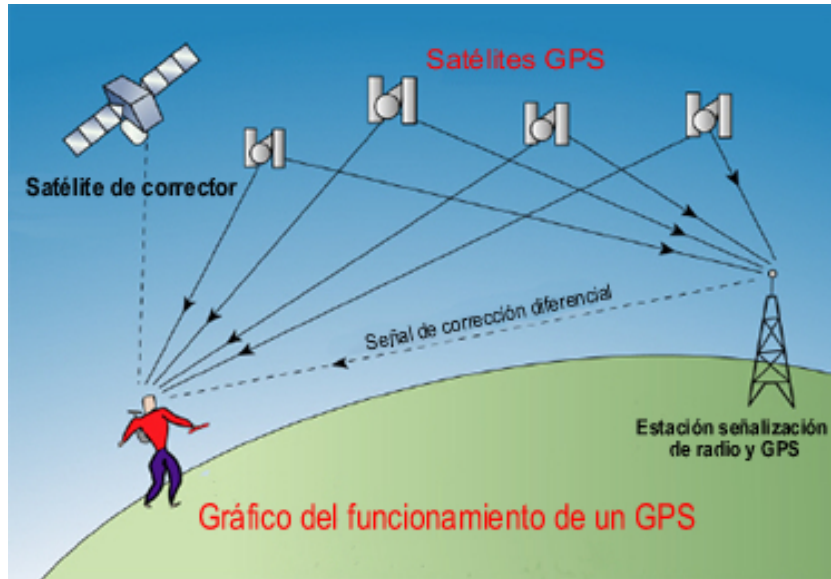


Figura 3.1: Funcionamiento de un GPS.

disponible habitualmente en los *smartphones*. Sin embargo, el GPS pierde su efectividad en espacios cerrados y espacios densos como pueden ser bosques, montañas o grandes edificios. Es aquí, donde Anacleto *et al.* en [2] y [3], debaten sobre la utilización de otros sistemas de localización más eficientes y precisos en lugares donde el GPS pierde su efectividad. El sistema de geolocalización estudiado por Anacleto es principalmente el *Inertial Navigation Systems (INS)*, basado en *Micro Electrical Mechanical Systems (MEMS)*. Este sistema, dota al individuo con unos sensores que permiten que la localización sea mucho más precisa que el GPS. No obstante, como podemos observar en la Figura 3.2, este método de localización requiere que el usuario lleve una serie de sensores acoplados a diferentes partes de su cuerpo, lo que puede hacer que se sienta incómodo y afecte sobre la usabilidad del sistema.

Centrados en sistemas basados en la tecnología GPS, encontramos *WayFinder*, un sistema de guiado a personas con discapacidades cognitivas en autobús como transporte público. Stock *et al.* en [12], hacen una evaluación sobre la utilidad del software basado en el PDA, el cual, utiliza tecnología GPS como es *WayFinder*. Los resultados de este estudio demuestran que este software específico promueve el acceso de personas con discapacidad cognitiva y, apoya a una mayor independencia a la hora de utilizar el autobús. El uso del dispositivo proporciona una mayor precisión y una mayor autonomía en comparación a métodos de viaje de autobús tradicionales. De hecho, a la hora de realizar las pruebas, el 73 % de los participantes finalizaron la evaluación de una manera satisfactoria, superando las expectativas iniciales. A continuación, en la Figura 3.3 se puede observar la secuencia de tres capturas sobre *WayFinder*. En la primera imagen (Screen 7) la herramienta muestra una ilustración solicitando parada, donde se especifica que la siguiente parada es

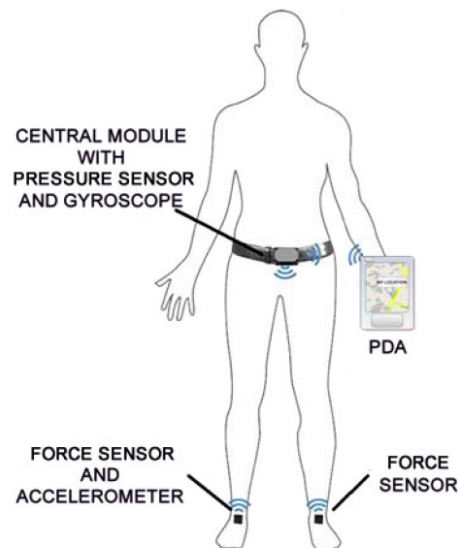


Figura 3.2: Disposición de sensores en el cuerpo humano.

la parada del usuario en modo texto y aparece el botón next a pulsar para visualizar el siguiente paso. En la segunda imagen (Screen 8) aparece una fotografía de unos asientos del autobús y bajo ella, una advertencia en modo texto para que el individuo no se deje ningún accesorio a bordo del autobús. Por último, en la tercera imagen (Screen 9) se observa una fotografía del destino y, bajo ella el nombre de la parada y la instrucción de bajar del autobús. Como bien se puede apreciar en cada paso, la interfaz gráfica es el aspecto a destacar: imágenes grandes, poco texto, botones grandes y una barra de progreso.



Figura 3.3: Capturas de pantalla de *WayFinder*.

3.1. Conclusiones

En este capítulo se han mostrado, por una lado, varios artículos que recogen las principales conclusiones de autores sobre evaluaciones y, el uso de sistemas específicos en diseño de aplicaciones móviles para discapacidad intelectual. Por otro lado, encontramos algunos sistemas software para guiado en transporte público destinados a personas con discapacidad cognitiva como *WayFinder*.

Para realizar el diseño de nuestro sistema de guiado en transporte público, hemos de tener en cuenta diversos factores, haciendo especial hincapié en los factores de naturaleza humana. Por ello, es importante el desarrollo de un estudio previo de las necesidades del colectivo y de las necesidades del individuo. Para la realización de este estudio específico, se ha de contar con la colaboración de profesionales en el sector, como bien pueden ser, sus tutores o cuidadores, quienes aportan datos de vital importancia.

Atendiendo a los pasos seguidos por autores anteriormente mencionados, hemos de centrar el sistema en el diseño basado en el usuario. Este enfoque, nos hace visualizar de una manera más extensa las necesidades del usuario final, quien hará uso de la herramienta. Otro aspecto clave en el diseño, es la manera de mostrar la información al usuario de una forma simple y clara. En este aspecto, hemos de destacar la característica de ser un sistema adaptable, donde como bien hemos mencionado, se debe basar en el usuario final. La utilización de imágenes, logos o ilustraciones adaptados a personas con discapacidad intelectual por profesionales¹, además de colores específicos, deben de hacer de nuestro sistema, un sistema más completo. Además, el sistema en su afán de ser altamente usable, debe de contar con ayuda sonora, es decir, debe dictar la instrucción deseada para un mayor entendimiento.

Por último, debido a la importancia de geolocalizar a los usuarios de manera precisa y, a su eficacia en anteriores trabajos relacionados con el colectivo de la discapacidad intelectual como el de Anacleto *et al.* en [2], se hará uso del servicio GPS. Es este, el servicio de localización con mayor precisión y disponibilidad en los teléfonos inteligentes actuales.

¹<http://www.catedu.es/arasaac/>

4 | Diseño

4.1. Propuesta

En este TFG se pretende diseñar e implementar un sistema basado en aplicación móvil que permita un guiado adaptado en el transporte público para personas con discapacidad intelectual, de manera que, su uso favorezca a un rápido aprendizaje con apenas ayuda externa o incluso sin dicha ayuda. En concreto, y dadas las virtudes que ofrecen las tecnologías móviles disponibles en el mercado, se harán uso de dispositivos basados en Android para crear dicho sistema guiado.

Como se ha dicho anteriormente, en el Laboratorio AmILab se dispone de otros sistemas similares para el guiado de usuarios con necesidades especiales en la realización de tareas (*AssisT-Task*), movilidad exterior (*AssisT-Out*) y movilidad interior (*AssisT-In*). Este sistema complementaría los ya realizados proporcionando una aplicación de guiado en transporte público adaptada a personas con necesidades especiales.

4.2. Introducción

En los últimos diez años, el inmenso desarrollo tecnológico móvil nos ha hecho experimentar un cambio de mentalidad sobre el uso de estas tecnologías y sus capacidades. La incorporación de Internet, la apuesta de futuro de grandes compañías y el desarrollo de aplicaciones por parte de la comunidad de programadores, han llevado a la creación de lo que actualmente conocemos como *smartphones* o también llamados *teléfonos inteligentes*. Los *smartphones* abren la puerta a un mundo diferente desde la palma de tu mano, interconectando a millones de personas y ofreciendo multitud de tareas: redes sociales, noticias, agenda, navegación, previsiones meteorológicas, contenido multimedia, etc. Este fenómeno ha sido la base de la evolución de esta tecnología y abre la puerta a colectivos con problemas de discapacidad.

La herramienta propuesta en este TFG es un proyecto que nace de la necesidad de integración de personas con discapacidad intelectual en la sociedad, tanto en el mundo

laboral como en lo cotidiano. Este proyecto complementa a proyectos ya existentes como *Assist-Out* y amplía un poco más el abanico de oportunidades para gente con este tipo de necesidades.

Como hemos mencionado anteriormente, la herramienta se basa en el guiado en transporte público en la Comunidad de Madrid. En el mercado existe una amplia gama de aplicaciones que resuelven este mismo problema, pero, ¿qué aporta un sistema como el nuestro sobre los ya existentes?

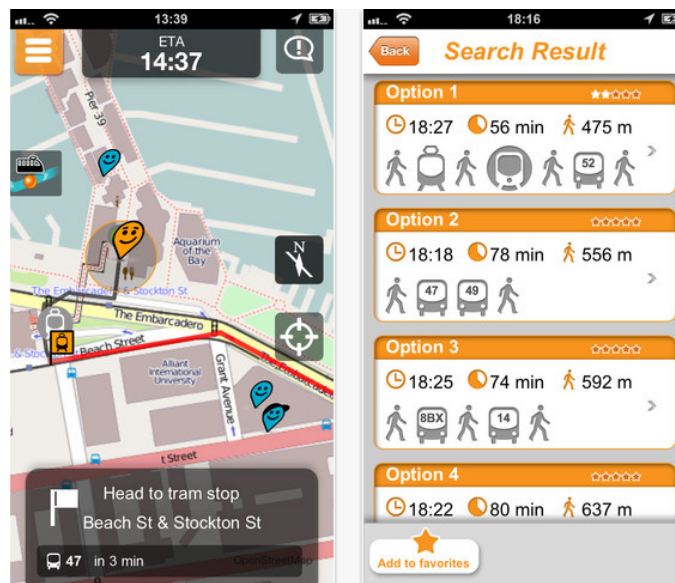


Figura 4.1: Moovit

En primer lugar, hemos de mencionar que los sistemas de navegación generalmente están adaptados a el guiado a través de un mapa interactivo desde un coche. Por tanto, pocos de estos sistemas se centra realmente en el guiado en el transporte público y aportan poco a nuestro proyecto. En la Figura 4.1 se puede observar *Moovit* y en la Figura 4.2 *Google Transit*, ambas son aplicaciones móviles basadas en el guiado a través del transporte público.

El principal problema de estos sistemas nombrados previamente radica en su carente adaptabilidad a usuarios con necesidades especiales y su excesiva complejidad para este colectivo. Normalmente, estas *apps* van dirigidas a un público mayoritario donde sus usuarios podrían hacer un uso correcto de la herramienta sin ayuda. No obstante, se dan variedad de casos en los que el aprendizaje no es nada sencillo, y si para personas con mayor capacidades resulta difícil, para personas con discapacidad intelectual se incrementa potencialmente.

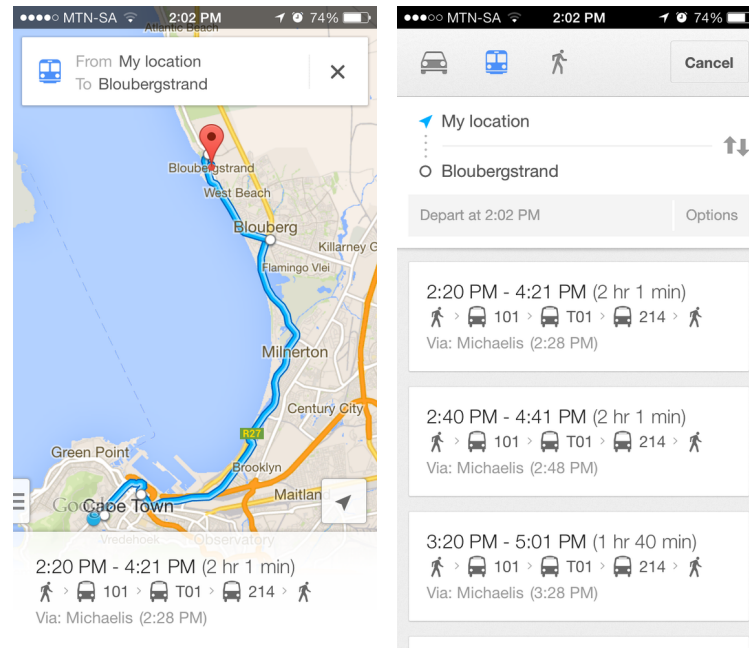


Figura 4.2: Google transit

4.3. Requisitos

A continuación, se muestra una enumeración y breve descripción de los requisitos establecidos para el diseño y desarrollo de la herramienta.

Destinos: La pantalla principal del sistema debe mostrar una lista de destinos fija configurada por el educador. Para incrementar la usabilidad del sistema centrada siempre en personas con discapacidad intelectual, la pantalla de selección de destino será mediante una imagen de la persona o del lugar y su respectivo nombre. En [8] Jokela *et al.* hacen una comparativa de los estándares de usabilidad ISO 13407 e ISO 9241-11, donde proponen que las directrices generales deben estar basadas en un diseño centrado en el usuario, como el ISO 13407.

Instrucciones de guiado: el sistema debe presentar paso a paso las instrucciones claras y concisas a seguir. Dichas instrucciones se presentarán a través de imágenes reales, ilustraciones¹, logos específicos, instrucciones escritas, botones de navegación y colores específicos.

División de ruta: el sistema debe enseñar la ruta adecuada según el ajuste de preferencias realizado, a través de pasos. Cada paso estará compuesto por la información del vehículo a coger, identificación del vehículo, sentido de la línea y parada donde bajar.

¹<http://www.catedu.es/arasaac/>

Sistema adaptable: el sistema adaptable debe poseer un menú de preferencias donde se puedan ajustar las distintas opciones. Entre otras, podremos especificar el tipo de ruta: con menor número de transbordos, rápida o con menor distancia. Esta opción, mostrará la ruta adecuada según el ajuste realizado por el cuidador.

Idioma: el sistema debe estar disponible en dos idiomas, español e inglés. Esto es así para facilitar una mayor usabilidad y accesibilidad del sistema.

4.4. Modelo de diseño

Como mencionamos en anteriores secciones, el modelo de diseño utilizado es un **Diseño Centrado en el Usuario** (*User Centered Design, UCD*). Este proceso de diseño tiene por objetivo la creación de productos que resuelvan necesidades concretas de sus usuarios finales, consiguiendo la mayor satisfacción y mejor experiencia de uso posible con el mínimo esfuerzo por su parte. Toma forma como un proceso en el que se utilizan una serie de técnicas multidisciplinarias y donde cada decisión tomada debe estar basada en las necesidades, objetivos, expectativas, motivaciones y capacidades de los usuarios.

Este diseño específico supone el cumplimiento de las siguientes etapas:

- Conocer a fondo a los usuarios finales, normalmente usando investigación cualitativa o investigación cuantitativa. Para conseguir esta información, nos hemos basado en la documentación mostrada en la Sección 3 “Estado del arte” y en profesionales cualificados. Entre los profesionales del sector, hemos contado con la colaboración de Doña Ana Vargas García, directora del C.P.E.E. Monte Abantos y profesionales del laboratorio AmILab.
- Diseñar un prototipo que resuelva sus necesidades y se ajuste a sus capacidades, expectativas y motivaciones. El reto en esta etapa apareció en cómo mostrar al individuo la información de forma que fuese sencilla al usuario, pero a la vez, contuviese toda la información necesaria.
- Poner a prueba lo diseñado, normalmente usando test de usuarios. Sobre esta etapa hablaremos más adelante en la Sección 6 Pruebas y resultados.

En la Figura 4.3 podemos apreciar el ciclo de vida en un UCD. En ella observamos las tres etapas de este tipo de modelo y, sobre todo, la participación del usuario. En nuestro caso, al tratar con personas con necesidades especiales, nos hemos ayudado de profesionales del sector para llevar a cabo este modelo de diseño.

Durante el desarrollo de este diseño UCD, hemos contado con al menos tres ciclos de vida hasta llegar a una maqueta realista y refinada. En primer lugar, se han desarrollado

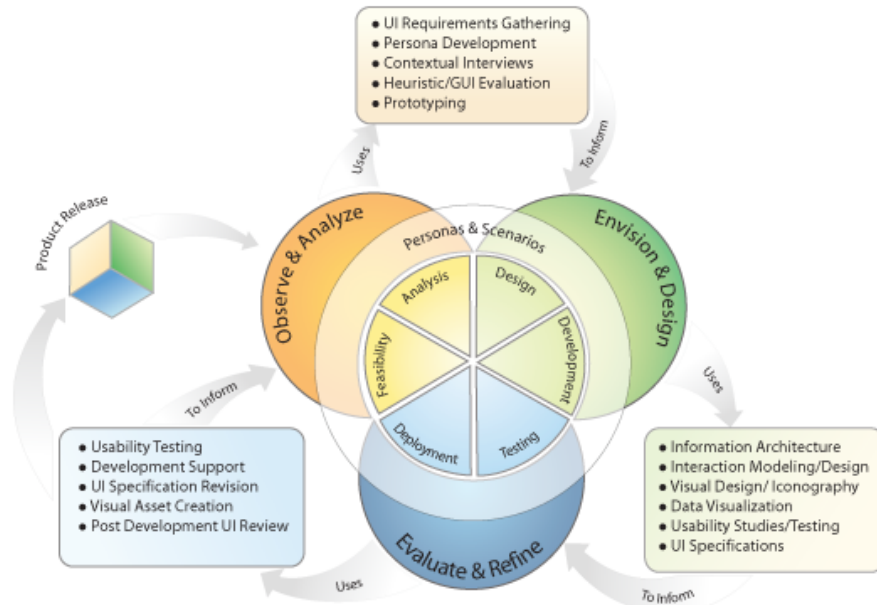


Figura 4.3: Modelo de Diseño Centrado en el Usuario (*User Centered Design, UCD*)

varias maquetas a papel con un posible diseño de la herramienta. Estas maquetas fueron revisadas por profesionales en el sector del laboratorio AmILab, donde expresaron su opinión sobre los posibles diseños y su orientación. En la Figura 4.4 se aprecia una de las maquetas tras el primer ciclo de vida, donde tras una primera evaluación de las maquetas a papel, podemos observar los destinos en forma de listado y texto a la izquierda y, el guiado en la parte derecha de la imagen.

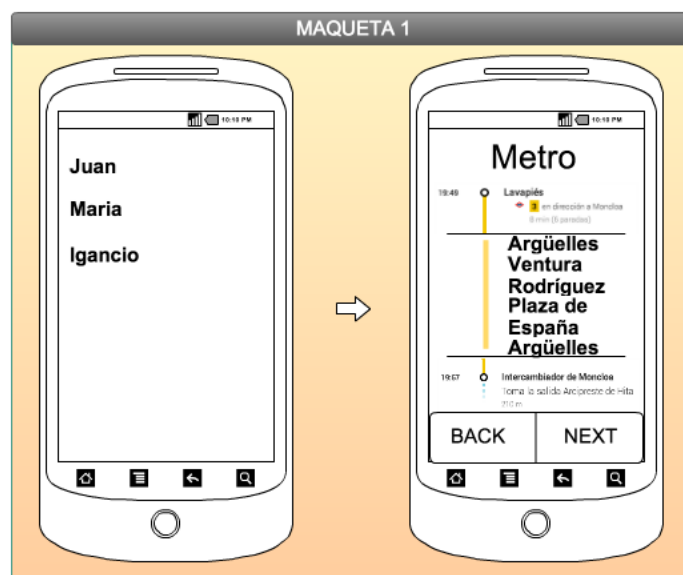


Figura 4.4: Maqueta tras el primer ciclo de UCD

Tras el primer ciclo de vida, la maqueta resultante fue analizada por Doña Ana Vargas García, directora del C.P.E.E. Monte Abantos. En esta ocasión, Ana hizo gran hincapié en la forma de expresar la información al usuario, donde nunca había que olvidar que el usuario final padecía generalmente de déficit de atención y una memoria a corto plazo. Como conclusión de estas pautas, aconsejó la menor utilización de texto posible, la implementación de colores identificables por los usuarios y por último, la visualización de imágenes o ilustraciones reconocibles por los usuarios finales. Este tipo de imágenes han sido extraídas de la asociación ARASAAC² especializada en el colectivo de la discapacidad intelectual, donde su uso es aplicado por la mayor parte de colegios y centros especializados en este campo de España. En la Figura 4.5 se aprecia la segunda maqueta generada con los ajustes aconsejados.

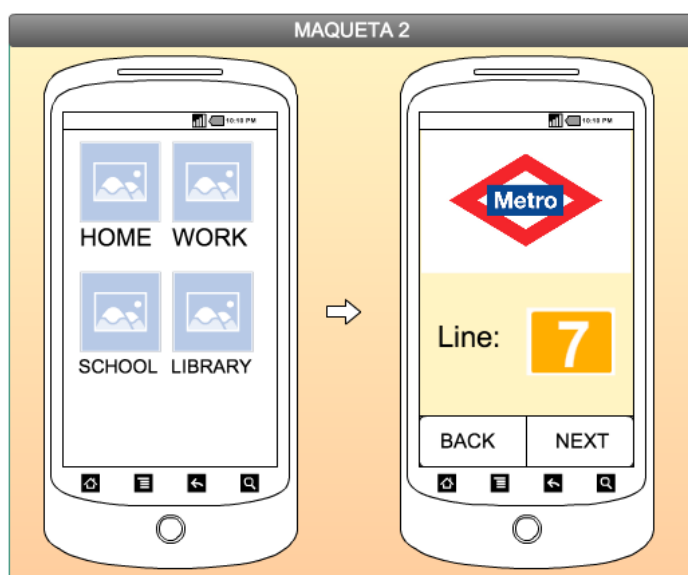


Figura 4.5: Maqueta tras el segundo ciclo de UCD

Por último, tras varias revisiones sobre las maquetas realizadas y modificadas, se llegó a una posible maqueta final, donde a diferencia de las anteriores se usan colores reconocibles, como el fondo azul sobre blanco tan utilizado en los rótulos informativos del metro. Además, se añadió el número de línea con su característico color, el icono del vehículo correspondiente y los botones atrás y adelante con flechas en vez de texto. En la Figura 4.6 se observa la maqueta final tras el diseño. Se ha de mencionar que aún siendo la maqueta final, siempre aparecerán nuevos cambios durante la implementación que se observarán en el producto final.

²<http://www.catedu.es/arasaac/>

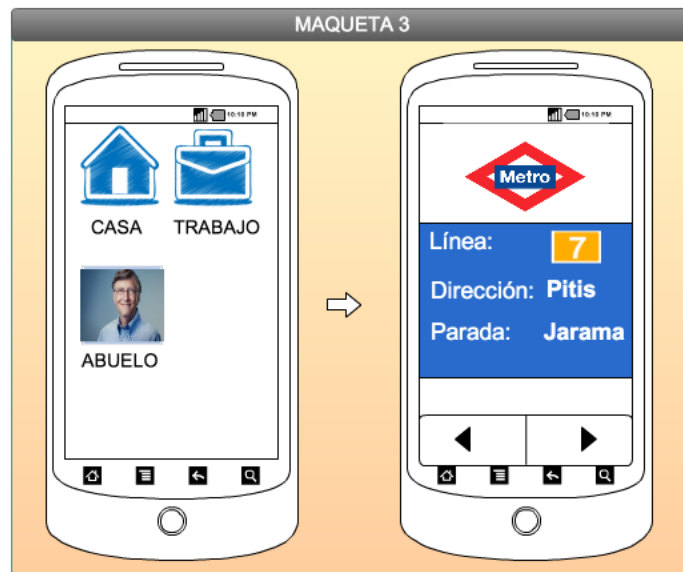


Figura 4.6: Maqueta final lista para su implementación

5 | Implementación

Centrados en la arquitectura utilizada en la implementación, el sistema se aloja principalmente en el dispositivo móvil. No obstante, requiere en parte de servidores ajenos al propio dispositivo y que sólo se pueden acceder a través de Internet para su correcto funcionamiento. Con esto, estamos hablando de una arquitectura de **Computación en la Nube** (*Cloud Computing*), donde el sistema accede a servidores externos como el Servidor de Google para obtener información sobre las rutas disponibles. Con este tipo de arquitectura y centrados en nuestro sistema, el usuario hace peticiones a través de la “nube”, dejando la parte de computación pesada a servidores externos. Además, el sistema también almacena datos en la “nube” que posteriormente pueden ser accedidos por el educador y el sistema. En la Figura 5.1 podemos observar la arquitectura de nuestro sistema y su interacción a través de la nube con los distintos servicios. Además, se aprecia que no es una arquitectura en la nube 100 % pura, puesto que no toda la información se adquiere a través de peticiones externas, sino que el cálculo de la ruta adecuada se realiza en el propio dispositivo.

5.1. Servidor AssisT

El servidor de *AssisT* no es un servidor dedicado del sistema, sino que es un servidor de uso “general” para el proyecto *AssisT*. Este es el encargado de almacenar el modelo de datos del usuario y los logs generados en la utilización del sistema por parte de los usuarios. En este servidor es donde se realiza la gestión por parte de los educadores, de manera que, cada usuario cuente con sus preferencias, destinos y características adecuadas. Entre otras preferencias, encontramos las preferencias del tipo de imagen a utilizar en el sistema (logo, real o ilustración) y la ruta más adecuada al individuo (ruta rápida, ruta con menor número de transbordos o ruta con menor número de paradas). Como se ha mencionado anteriormente, este servidor es de uso común para el proyecto *AssisT*, donde el modelo de usuario es compartido con otros módulos como son *AssisT-Task* dedicado a la asistencia en tareas y, *AssisT-Out* centrado en el guiado en exteriores, ambos enfocados en personas con discapacidad intelectual.

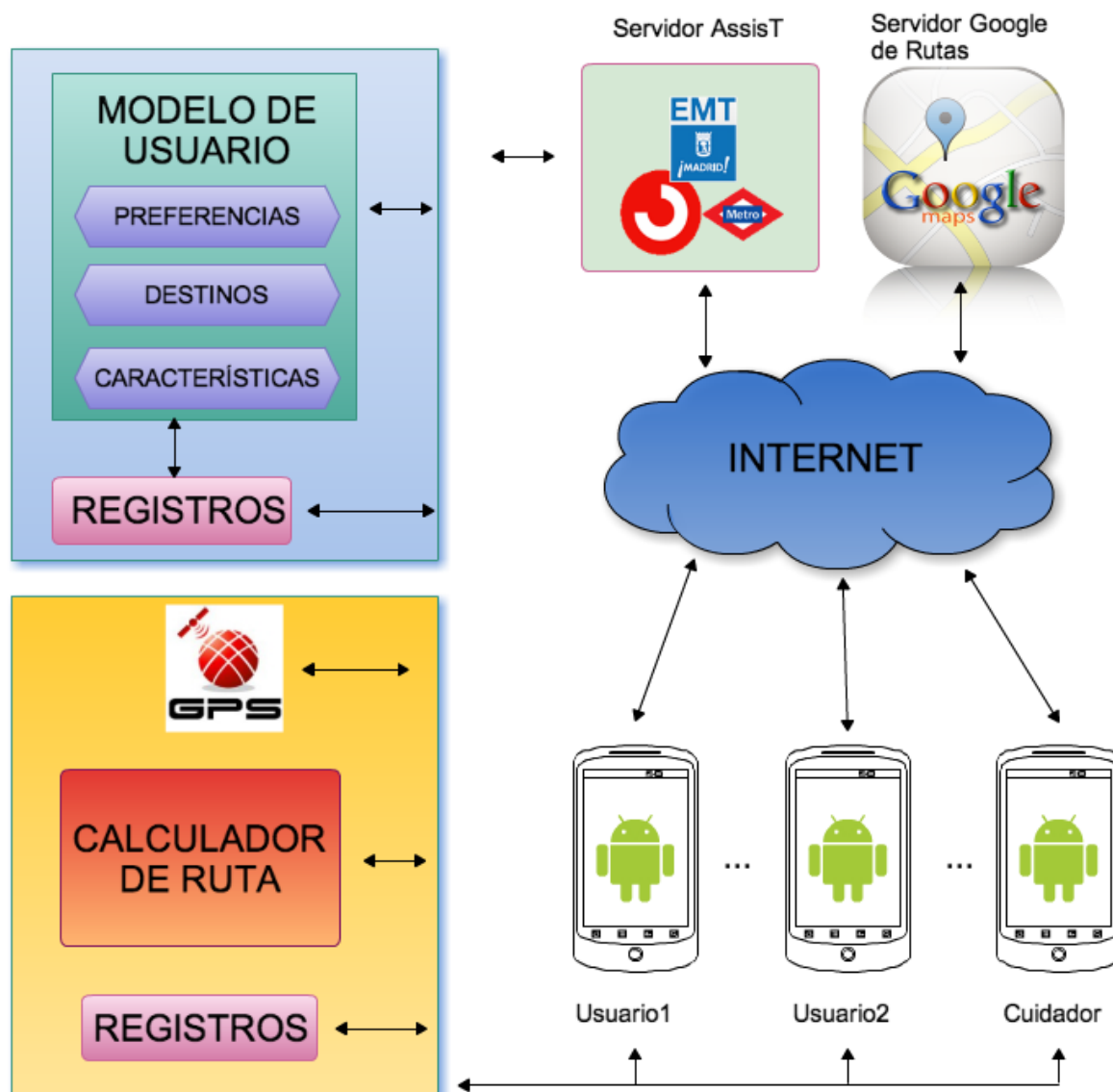


Figura 5.1: Arquitectura en la nube (*Cloud Computing*)

A continuación, una breve descripción de los módulos que componen el servidor.

Modelo de Usuario: es el encargado de almacenar la información específica de cada usuario. En él se almacenan la información personal de individuo (nombre, dirección, edad, sexo, clave de login, etc), el educador asociado, así como los destinos prefijados por el educador.

Registros: recibe y almacena informes por parte del cliente acerca de los desplazamientos realizados. En estos informes se almacenan fechas, tiempos, posiciones, precisión, interacción con la interfaz, etc. La información es almacenada en cuatro bloques principales: general, ejecución, interacción y configuración. Más adelante en la Sección 5.2.3 se describe con mayor detalle un ejemplo de informe y sus características.

5.2. Cliente móvil

La parte de cliente del sistema es la encargada de transmitir la información al usuario. Esta parte, esta diseñada sobre una plataforma Android por diversos motivos de gran relevancia. Actualmente, según datos de IDC (*International Data Corporation*) mostrados en la Tabla 5.1, Android se confirma como el rey de los sistemas operativos en *smartphones* al casi alcanzar el 80 % de cuota de mercado a nivel mundial. Además, este sistema operativo proporciona una facilidad de distribución e implantación sencilla de la aplicación debido a su tienda de aplicaciones *Google Play*. A todo esto, hemos de añadir que el diseño futuro del sistema aquí presentado es el modularizarse y convertirse en una *app* más completa y, puesto que debe integrarse con otros módulos diseñados en este mismo sistema, seguiremos la misma directriz.

Top Smartphone Operating Systems, Shipments, and Market Share, 2013 Q3 (Units in Millions)

Operating System	2Q13 Unit Shipments	2Q13 Market Share	2Q12 Unit Shipments	2Q12 Market Share	Year-over-Year Change
Android	187.4	79.3%	108	69.1%	73.5%
iOS	31.2	13.2%	26	16.6%	20.0%
Windows Phone	8.7	3.7%	4.9	3.1%	77.6%
BlackBerry OS	6.8	2.9%	7.7	4.9%	-11.7%
Linux	1.8	0.8%	2.8	1.8%	-35.7%
Symbian	0.5	0.2%	6.5	4.2%	-92.3%
Others	N/A	0.0%	0.3	0.2%	-100.0%
Total	236.4	100.0%	156.2	100.0%	51.3%

Source: IDC Worldwide Mobile Phone Tracker, August 7, 2013

Tabla 5.1: Informe de IDC (*International Data Corporation*) del tercer trimestre del 2013

En la Figura 5.2 se puede observar al detalle la arquitectura implementada en el sistema de guiado. La aplicación contempla dos roles de usuario:

- El cuidador o tutor, encargado de gestionar las preferencias, información del usuario, destinos, sonido y los respectivos informes sobre su utilización.
- El usuario con discapacidad intelectual, con un tipo de acceso más restringido y con acceso a sus destinos disponibles y rutas de guiado.

Atendiendo a esta arquitectura se pueden establecer diferentes niveles según el rol de usuario.

1. En el primer nivel se encuentran los módulos que interactúan entre la aplicación y los servidores, encargados de realizar peticiones y recibir información. Entre los servidores disponibles encontramos el servidor *AssisT* y el servidor de *Google*.

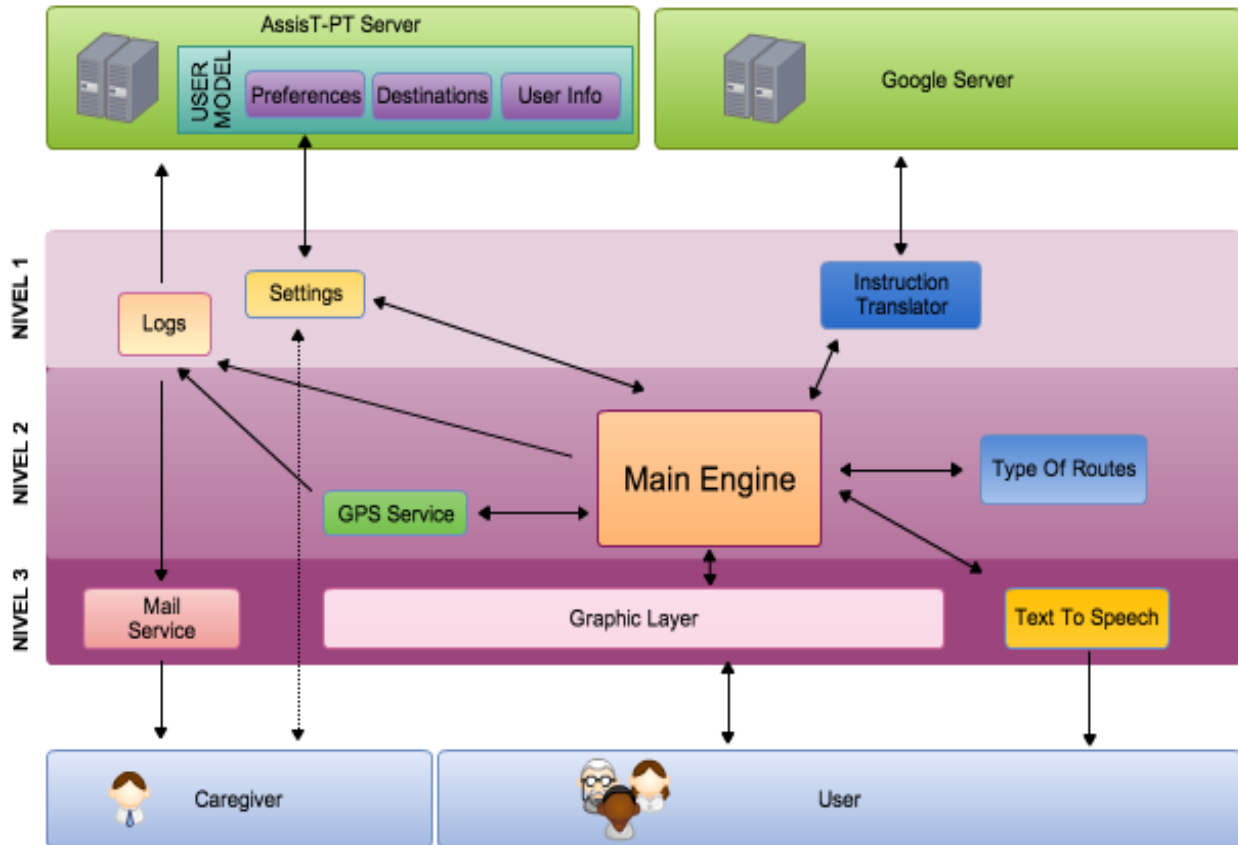


Figura 5.2: Arquitectura del cliente

- a) El módulo de **Registros** (*Logs*), recibe y almacena informes por parte del cliente acerca de los desplazamientos realizados. En estos informes se almacenan fechas, tiempos, posiciones, precisión, pulsamiento de botones, etc. La información es almacenada en cuatro bloques principales: general, ejecución, interacción y configuración. Es este el encargado de enviar información al servidor AssisT, pero en ningún caso, este módulo realiza petición alguna. En la Sección 5 *Pruebas y Resultados* se describe con mayor detalle un ejemplo de informe y sus características.
- b) El módulo **Traductor de Instrucción** (*Instruction Translator*) es el encargado de interactuar entre el Motor Principal de la aplicación y el Servidor de Google. Este módulo, se encarga de realizar peticiones a la *API de Rutas de Google* administrando como parámetro una URL específica y, obteniendo un objeto JSON con las rutas disponibles. El objeto JSON es retornado como una cadena al Motor Principal.
- c) El módulo de **Configuración** (*Settings*), a diferencia de los otros módulos encontrados en este nivel, a este se puede acceder desde el terminal por parte de los cuidadores. Este módulo es el encargado de solicitar la información de

Modelo de Usuario al servidor *AssisT* y ajustar las preferencias, imágenes y destinos específicos del usuario con discapacidad que utiliza el sistema.

2. En el segundo nivel se encuentran los módulos que llevan el mayor peso computacional de la aplicación. Es en este nivel, donde el Motor Principal de la aplicación se relaciona con el resto de módulos.
 - a) El módulo de **GPS** (*GPS Service*) es el encargado de proveer al sistema de la geolocalización de un usuario y la precisión de ésta. Este módulo determina la posición cada vez que le es solicitado, tanto en tiempo como en distancia desde la última vez. Es un módulo al que se debe prestar especial atención, puesto que la utilización del proveedor de GPS consume bastante energía del terminal y, aunque el servicio GPS es el de mayor precisión, en ciertos lugares carece de esta precisión.
 - b) El módulo **Tipo de Rutas** (*Type Of Routes*) es el encargado de almacenar las rutas adecuadas a unos requisitos específicos. En este caso, hay tres tipos diferentes de rutas: la ruta más rápida, la ruta con menor número de transbordos y la ruta con menor número de paradas. Al usuario únicamente se le mostrará una de ellas, habiendo sido seleccionada con anterioridad por su cuidador.
 - c) El **Motor Principal** (*Main Engine*) es el módulo con mayor carga computacional del sistema. Este se encarga de analizar, traducir y mostrar la información al usuario de una forma sencilla y simple. Para realizar este trabajo, se apoya en el resto de módulos disponibles dentro del sistema. A causa del intercambio de información entre los distintos módulos, este módulo consigue reducir el tiempo computacional y modularizar el sistema .
3. En el tercer nivel encontramos los módulos que interactúan con el usuario y el cuidador.
 - a) El módulo de **Mensajería** (*Mail Service*) es el encargado de notificar al cuidador mediante mensajes electrónicos los registros generados automáticamente. Estos informes son recibidos a través del módulo de Registros. Cada cuidador recibe únicamente los informes relacionados con su tutorando para un posterior estudio de estos.
 - b) El módulo **Texto a Voz** (*Text To Speech, TTS*) es el encargado de convertir los textos en sonido para una mayor accesibilidad y usabilidad de los usuarios. Este módulo se encarga de dictar las instrucciones al usuario en cada paso. En primera instancia, el módulo dicta el vehículo al que el usuario se debe dirigir, por ejemplo, “Diríjete al tren”. A continuación, dicta el número que identifica al vehículo y el sentido a tomar, por ejemplo, “Toma la línea C-4, sentido Parla”.

Por último, el módulo dicta la parada en la que se debe bajar el usuario, por ejemplo, “Baja en la parada Puerta del Sol”.

- c) La **capa gráfica** o **interfaz gráfica** (*Graphic Layer*), es la encargada de interactuar con el usuario a través de la pantalla, mostrando la información al usuario y recogiendo cada movimiento realizado por este. En la Sección 5.2.1 se describe este módulo en detalle, atendiendo a las decisiones de diseño tomadas para adaptarse a las necesidades de los usuarios.

5.2.1. Interfaz Gráfica

La interfaz gráfica, como comentamos en párrafos anteriores, es el mayor reto a la hora de diseñar e implementar. Esto es debido a que el usuario final requiere una mayor atención en este aspecto por sus características especiales. En esta sección hablaremos sobre las distintas pantallas del sistema y su cometido. En la figura 5.3 podemos observar como la aplicación consta de tres pantallas principales en el flujo de ejecución y una pantalla de ajuste de las preferencias.

La pantalla de carga o *splashScreen*, es la encargada de inicializar la aplicación. En la Figura 5.4a se muestra una captura de esta pantalla. Entre otras operaciones, el sistema calcula las coordenadas de la posición actual del usuario a través del servicio GPS e inicializa las preferencias.

La segunda pantalla es la guía de destinos, encargada de mostrar los destinos disponibles del usuario de una forma sencilla e intuitiva. Como podemos apreciar en la Figura 5.4b la pantalla se divide en dos columnas con imágenes de los diferentes destinos. En este caso, los botones no tienen asignada ninguna imagen real, no obstante, se utilizan ilustraciones¹ reconocibles por el individuo.

La tercera pantalla es la principal del sistema, encargada de mostrar paso a paso al usuario los hitos de la ruta adecuada según origen y destino. En la Figura 5.4c podemos observar un ejemplo de esta interfaz. Puesto que esta interfaz es la de mayor relevancia en el desarrollo del sistema, a continuación describiremos los elementos clave que la componen y su objetivo.

Botón Sonido: situado en la parte superior derecha de la pantalla, indica si el TTS (texto a voz) está activo o no. En la Figura 5.5 podemos observar dos estados, a la izquierda el sonido activo y además habilitado, es decir, si pulsamos el botón el paso a realizar será dictado y, a la derecha el sonido inactivo y botón deshabilitado.

¹<http://www.catedu.es/arasaac/>

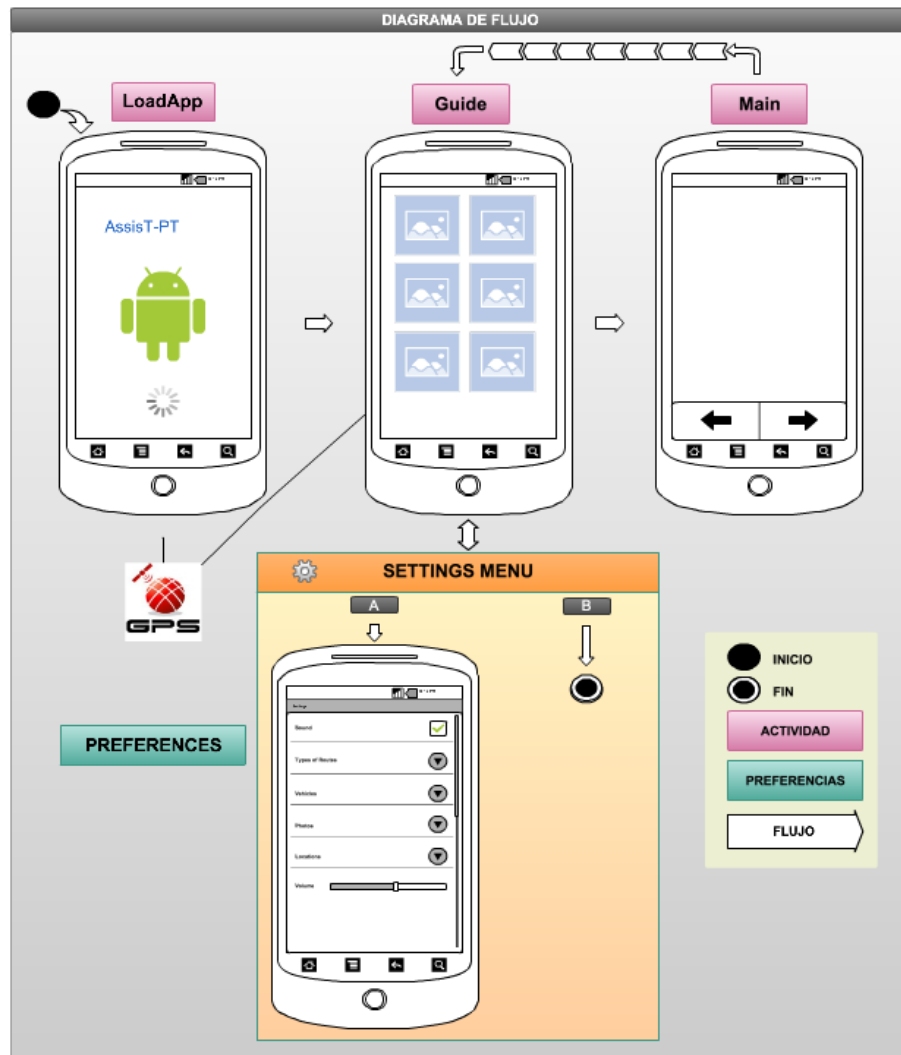


Figura 5.3: Diagrama de Flujo

La ilustración del botón, ha sido extraída de la asociación ARASAAC que trabaja con personas con discapacidad intelectual, de manera que la imagen sea entendible por el usuario.



Figura 5.5: Botón de sonido

Imagen del vehículo: situada en la parte central superior de la pantalla, describe a través de una imagen, una ilustración o un logo, el vehículo a tomar. La imagen mostrada dependerá de la configuración del cuidador, de manera que el usuario visualice la imagen que mejor entienda, sin llegar a crear confusión ninguna. En la

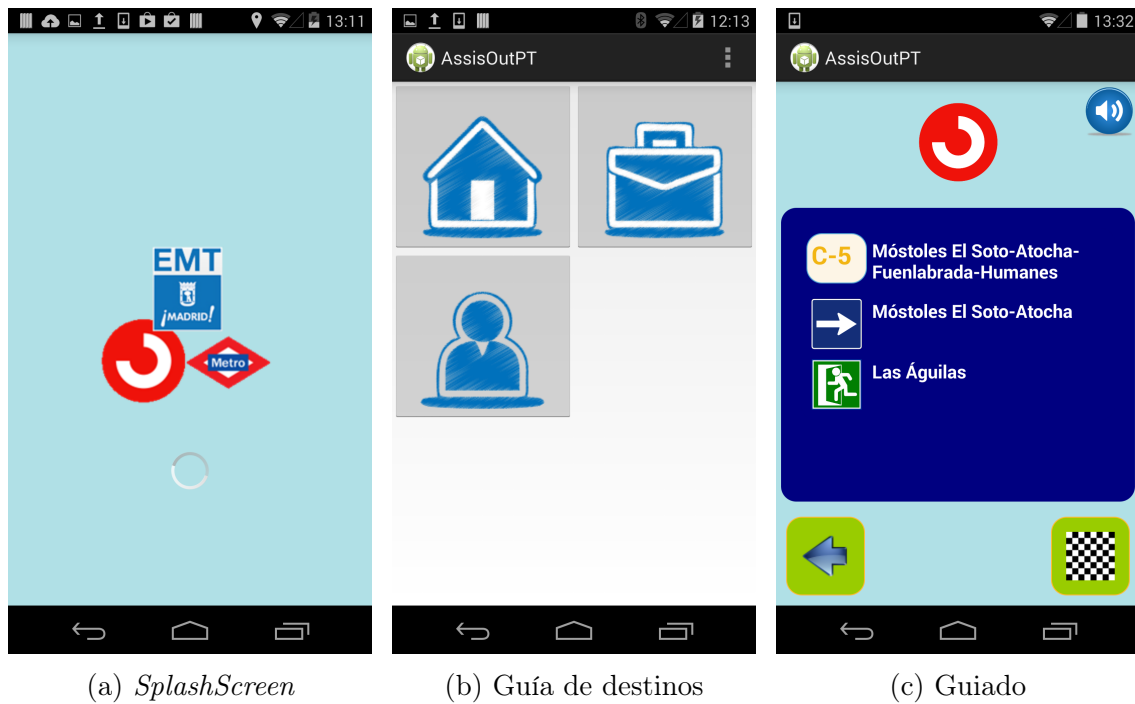


Figura 5.4: Pantallas principales

Figura 5.6 se observa todos los iconos disponibles clasificados por vehículo y tipo: real, ilustración, logo.

Cuadro de instrucciones: Situado en la parte central de la pantalla, este recuadro azul contiene las instrucciones del hito a desarrollar. Hemos de destacar la paleta de colores utilizada en este recuadro, puesto que el color blanco de la fuente sobre el azul de fondo, son los colores característicos que podemos encontrar en los carteles de información del metro. Esto ayuda a una comprensión mayor de la información, ya que los usuarios, acostumbran generalmente a leer las indicaciones de los transportes públicos. A continuación, se describen con mayor detalle sus componentes.

Nombre abreviado de línea: Situado en la parte superior izquierda del cuadro de instrucciones, nos describe el nombre de la línea de transporte público a tomar. Cada línea, a parte de contener un nombre específico, es dotada de esta abreviatura que generalmente suele ser un número. Además, generalmente, las líneas también vienen dotadas de un color característico para un mejor identificación. Es por esto, por lo que en esta imagen se muestra el número de línea en su color característico. Un ejemplo podemos observarlo en la Figura 5.7 donde el nombre abreviado es “C-5” y su color característico es amarillo.

Nombre de la línea: Situado en la parte superior derecha del cuadro de instrucciones, nos describe el nombre completo de la línea de transporte público. En la Figura 5.7 podemos observar un ejemplo de nombre completo de la línea “C-5”.













	LOGOTIPO	ILUSTRACIÓN	IMAGEN REAL
AUTOBÚS URBANO			
CERCANÍAS			
METRO			
METRO LIGERO / TRANVÍA			

Figura 5.6: Iconos disponibles de cada vehículo



Figura 5.7: Número y nombre de la línea

Sentido de la ruta: Situado en la parte central del cuadro de instrucciones, nos muestra el sentido a tomar de la línea de transporte público. En la parte izquierda, aparece una imagen con una señal de sentido para una rápida localización visual. En la parte derecha encontramos en modo texto el sentido, siendo este el texto que aparece en la parte frontal del metro, tren y autobús. En la Figura 5.8 podemos ver un ejemplo de este campo, donde el sentido es “Móstoles El Soto-Atocha”.

Parada: Situado en la parte inferior del cuadro de instrucciones, nos muestra la parada en la que el usuario debe bajar del transporte público. En la parte izquierda aparece una imagen que hemos querido relacionar con la de salida. Esta señal, normalmente aparece para indicar la salida de edificios, transportes,



Figura 5.8: Sentido de la línea de transporte público

etc. A la derecha de esta imagen, encontramos el nombre de la parada donde bajar. En la Figura 5.9 se observa un ejemplo donde la parada a bajar es Las Águilas.



Figura 5.9: Parada donde bajar

Botones anterior, siguiente y final: Situados en la zona inferior de la pantalla, son los encargados de la navegación entre los diferentes hitos o puntos intermedios de la ruta. En la Figura 5.10 se visualiza el diseño de los botones, los cuales, excluyen la utilización de texto debido a un mejor entendimiento de su uso a través de imágenes. Las imágenes utilizadas son flechas, pues resultan más intuitivas que otro tipos de imágenes utilizadas para este cometido. Centrándonos en la disponibilidad de estos botones, si nos encontramos en el primer paso sólo aparecerá el botón siguiente, si nos encontramos en un punto intermedio aparecerán los botones anterior y siguiente y finalmente, si nos encontramos el último hito aparecerán los botones de anterior y finalizar. Este último botón (Figura 5.10b), sustituye al botón siguiente y muestra una imagen con una bandera a cuadros en lugar de la flecha de siguiente. Esto es así para que el usuario reconozca fácilmente que se encuentra en el último paso de la ruta.

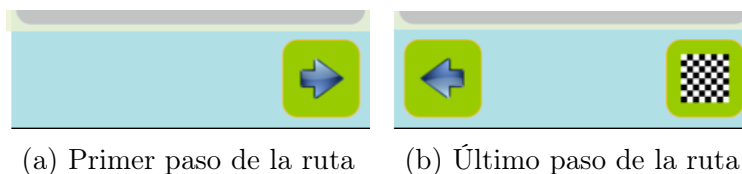


Figura 5.10: Botones de navegación

Finalmente, en la Figura 5.11 observamos la pantalla principal con la situación de cada elemento que la compone.



Figura 5.11: Pantalla principal de la interfaz

5.2.2. Preferencias

Las preferencias son un punto a mencionar por su gran relevancia en este sistema. A partir de la información provista en las preferencias, el sistema adapta la ruta y su presentación al usuario. Estas preferencias son únicamente accesibles por el cuidador y a través de pantalla “Guía de destinos” o a través del servidor *AssisT*. En la figura 5.12 observamos la pantalla de ajustes de preferencias disponible en la aplicación. A continuación, se muestra una breve descripción de las preferencias disponibles en el sistema y su cometido.

Soporte de voz: esta preferencia de tipo *boolean*, es la encargada de habilitar el sonido para el módulo de Texto a Voz (TTS). Si esta es marcada, su valor será *true* y, por lo tanto, estará disponible la reproducción del TTS, al contrario que si está desmarcada.

Selección de icono: esta preferencia sirve para especificar el tipo de icono del vehículo que se quiere mostrar en la pantalla principal. En la Figura 5.13a podemos observar las tres opciones disponibles. Entre ellos, encontramos “Logo” que muestra el logo

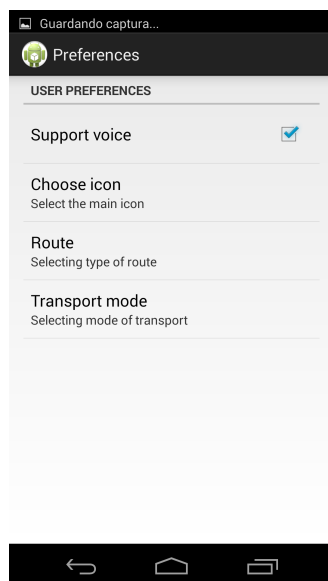


Figura 5.12: Pantalla de ajuste de preferencias

del modelo de transporte correspondiente, “Imagen real” que muestra una imagen como su propio nombre indica real y, por último, “Ilustración” que muestra el icono de una ilustración adaptada a personas con discapacidad intelectual. Como se puede percibir, la elección es excluyente y sólo se apreciarán los iconos de un mismo tipo durante la utilización del sistema.

Modo de transporte: esta preferencia sirve para especificar los vehículos disponibles en una ruta cualquiera. En la Figura 5.13b se aprecian los cuatro modos disponibles: autobús, metro, tren y tranvía. Por ejemplo, si el individuo a utilizar el sistema tuviese pánico a utilizar el tren como transporte, el cuidador podría deseleccionar la opción de “tren”, obteniendo posteriormente rutas sin este tipo de vehículo. No obstante, a veces la ruta no está disponible sin el medio de transporte especificado. En este caso, aparecería un mensaje emergente “La ruta puede contener medios de transporte no especificados” y se mostraría la ruta disponible.

Tipo de ruta: esta preferencia sirve para determinar el tipo de ruta a mostrar. Se han diferenciado entre tres tipos de rutas: la ruta rápida, la ruta con menor número de transbordos y la ruta con menor número de paradas. La ruta rápida, determina la ruta con menor tiempo estimado de realización. Está pensada para que los usuarios tarden lo menos posible entre un origen y un destino. Por otro lado, la ruta con menor número de transbordos determina la ruta sin transbordos o con el menor número de estos posible. Esta ruta con menor número de transbordos, está pensada para usuarios con otro tipos de discapacidades, generalmente físicas, que puedan tener grandes dificultades en realizar un cambio de vehículo. Por último, la ruta con menor número de paradas, determina la ruta con menor número estaciones entre

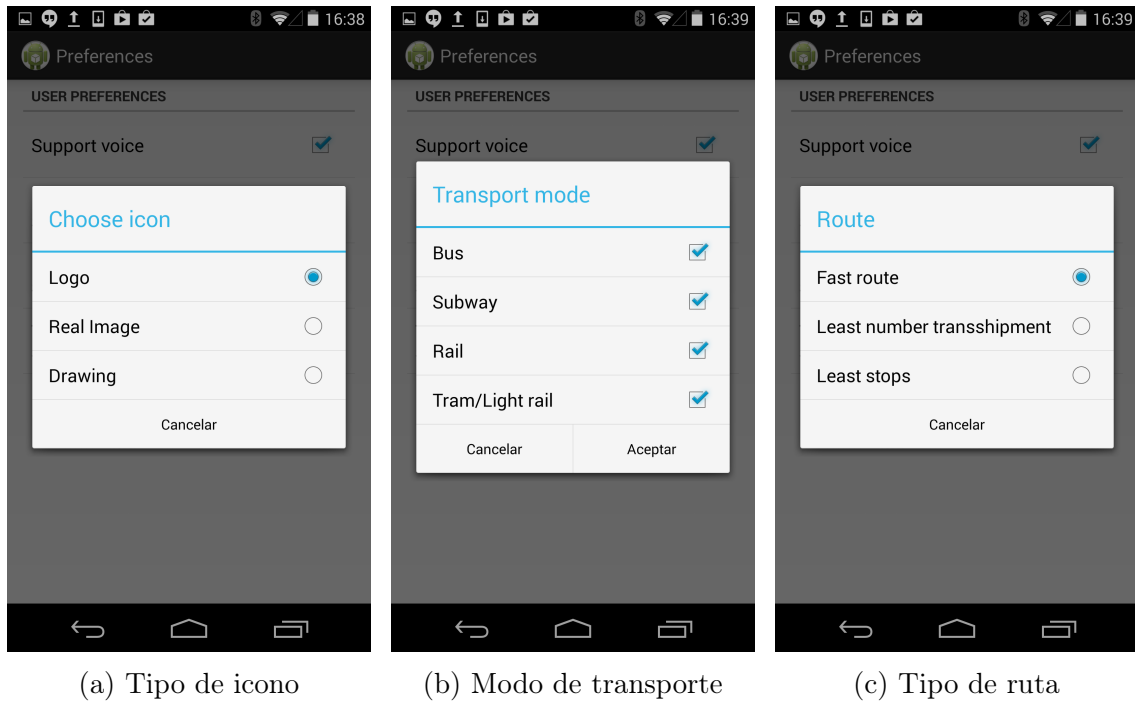


Figura 5.13: Pantallas principales

origen y destino. Esta última ruta, esta pensada para individuos que se distraen con facilidad, intentando que con el menor número de paradas puedan perderse con menor frecuencia. En la Figura 5.13c se muestran los diferentes tipos de rutas disponibles.

5.2.3. Registros

El sistema desarrollado cuenta con un módulo de **Logs** también denominado **Registros**, donde se almacenan los informes de cada usuario sobre el uso de la aplicación. Además, los registros son almacenados también en el servidor *AssisT* y son enviados mediante correo electrónico a los desarrolladores. El cometido de estos registros es almacenar toda la información posible, de manera que, el análisis de esa información sirva como base de futuras mejoras del sistema y, justifique el diseño y desarrollo del proyecto desarrollado.

El desarrollo de este Log, ha sido trabajo conjunto de los módulos que componen la arquitectura *AssisT*, de manera que los informes sean lo más genéricos posibles y su implementación sea común a todos ellos.

A continuación se muestra una parte del informe generado en la realización de la ruta del caso de prueba, Anexo A. Este Log es almacenado en un fichero de texto plano y a su vez procesado y añadido a la base de datos del servidor y del terminal. El Log está comprendido por varios niveles de información separados por un espacio y que sirven de filtro. Los comentarios son precedidos por el carácter `#`. Estos filtros están estructurados

de la siguiente manera.

- **TAG:** identifica la etiqueta que representa el primer nivel. En ella se identifica la aplicación que ha generado el log. Por ejemplo: *ASSIST-OUT-PT*.
- **LEVEL:** define la etiqueta que representa el segundo nivel de información. Con este nivel filtramos si el contenido es un error, un warning, del servidor o simplemente informativo. Las opciones disponibles son: *ERROR*, *INFO*, *SERVER*, *WARNING*.
- **TIME:** esta etiqueta define el tiempo el que se produjo la línea información. La hora está expresada en formato Unix o los segundos desde la medianoche del 1 de enero de 1970 UTC.
- **USER:** esta etiqueta identifica al usuario que realiza la acción. En el caso de que esta etiqueta no tenga sentido por ser generada por el propio sistema, el valor será *NO_USER*.
- **ACTION_TYPE:** define el tipo de acción descrita en la línea del informe. Existen cuatro tipos principales de acciones: *CONFIG*, *INTERACTION*, *GENERAL*, *EXECUTION*. El tipo *CONFIG* hace referencia a las acciones de configuración de la aplicación, como por ejemplo definir el tipo de ruta. El tipo *INTERACTION* hace referencia a las acciones que tienen que ver con la interacción del usuario con la aplicación, como por ejemplo pulsar el botón siguiente o pulsar el botón de Texto a Voz (TTS). El tipo *EXECUTION* hace referencia a las acciones relacionadas con la ejecución de la aplicación, como por ejemplo la geolocalización de un punto o el transcurso entre una actividad u otra. Por último, el tipo *GENERAL* hace referencia a el resto de acciones que no pueden agruparse en los tipos anteriores.
- **ACTION:** esta etiqueta describe de manera más concreta la acción. Un claro ejemplo del tipo de etiqueta que puede aparecer sobre la ruta (*ROUTE*) o sobre la localización (*LOCATION*).
- **EXTRA_INFO:** define brevemente información sobre la acción realizada. En el caso de que la acción no requiera esta breve definición, el campo aparecerá en blanco.

Como mencionamos anteriormente, en el Anexo [A](#) encontramos un ejemplo completo de un Log. Para poseer un mayor entendimiento de los Registros, a continuación se van a mostrar algunos ejemplos y su significado.

En este primer ejemplo mostrado a continuación, observamos los primeros pasos de sistema nada más iniciarlo. Todas estas acciones son de tipo *GENERAL* como se puede apreciar. La primera acción registrada nos indica que la aplicación ha sido lanzada, el día

y la hora se su inicio. La segunda acción especifica que la actividad LOADAPP ha sido lanzada. Por último, la tercera acción especifica que el usuario ha sido geolocalizado, mostrando sus coordenada (latitud/longitud), su precisión y el tiempo actual en formato Unix.

```
# TAG LEVEL TIME USER ACTION _TYPE ACTION EXTRA _INFO
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768295179 LUIS GENERAL START Start de App
03/01/2014 - 18:18
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768295179 LUIS GENERAL START Start the activity
LOADAPP.
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768295179 LUIS GENERAL LOCATION
Latitude/Longitude:40.446385/-3.6924609999999802 Current_time: 1388768295
...
```

En este siguiente ejemplo, se observa algunas acciones de tipo EXECUTION. Estas acciones son generadas por el sistema y aportan información sobre la ejecución del mismo. La primera acción define el tipo de icono que identifica al vehículo, en este caso, el icono es un logo. En la segunda acción aparece el número de línea, su color correspondiente y el tipo de vehículo, es decir, línea 10 del metro con color #005aa9. Por último, podemos apreciar la acción que define el número de ruta seleccionado, el paso y su nombre completo.

```
...
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768302655 LUIS EXECUTION DRAW Vehicle: SUBWAY
icon: lo
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768302657 LUIS EXECUTION IMAGE _NUMBER
NumberLine: 10 colorLine: #005aa9 type: SUBWAY
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768302657 LUIS EXECUTION STEP Route: 1 step: 0
stepName: Hospital Infanta Sofia-Puerta del Sur stepDirection:
Puerta Del Sur stepStop: Nuevos Ministerios
...
```

Finalmente, se muestra un ejemplo que describe acciones de tipo INTERACTION. Estas acciones muestran la interacción del usuario con el sistema. Entre otras, la primera acción que se muestra describe que el usuario a pulsado el botón next, en qué momento y cuál es el próximo paso. La segunda acción, muestra que el usuario a pulsado el botón de TTS y estaba activo, es decir, se ha dictado la instrucción a través de voz. La última acción mostrada, describe que el usuario a pulsado el botón de salida QUIT para finalizar la aplicación.

```
...
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768310166 LUIS INTERACTION BUTTON_NEXT
Cliked and enable. Next step: 1
...
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768313439 NO_USER INTERACTION SOUND Cliked
and enabled
...
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768779848 LUIS INTERACTION BUTTON_QUIT Exit
...
```

5.3. Cálculo de Ruta

El servidor de Google está provisto, entre otras, con la *API de Rutas de Google*². Esta API es un servicio que utiliza una solicitud HTTP para calcular rutas para llegar de una ubicación a otra. Con este servicio se pueden buscar rutas, como en transporte público, en coche, a pie o en bicicleta, aunque en nuestro caso el método utilizado es únicamente en transporte público.

Por lo general, este servicio está diseñado para calcular rutas a partir de direcciones estáticas (conocidas previamente) para la ubicación del contenido de la aplicación en un mapa. Sin embargo, este servicio no está diseñado para responder en tiempo real a la información introducida por el usuario.

El cálculo de indicaciones es un proceso que consume mucho tiempo y muchos recursos. Por esto, el sistema mientras espera respuesta de servidor debe mostrar gráficamente al usuario una interfaz agradable, como un `ProgressDialog`, que transmita la sensación de que el sistema esta trabajando y que no se ha quedado bloqueado.

5.3.1. Solicitud de ruta

La solicitud a la API de rutas tiene el formato visualizado en la Figura 5.14:

```
https://maps.googleapis.com/maps/api/directions/output?parameters
```

Figura 5.14: Formato de la solicitud de ruta

En esta solicitud, `output` debe ser **JSON** (Notación de objetos JavaScript o *JavaScript Object Notation*) o **XML** (Lenguaje de Marcas Extensible o *eXtensible Markup Language*). Entrando en mayor detalle, una de las ventajas de JSON sobre XML como formato

²<https://developers.google.com/maps/documentation/directions/?hl=es-ES>

de intercambio de datos en este contexto es que es mucho más sencillo escribir un analizador sintáctico (parser) de JSON. Debido a esta ventaja, nos hemos decantado por la utilización JSON.

5.3.2. Parámetros de la solicitud

Entre los parámetros encontramos algunos obligatorios y otros opcionales. Todos los parámetros deben ir separados mediante el carácter `&` y nunca debe haber espacios. Entre los parámetros utilizados para nuestra petición encontramos:

- **origin**: define la dirección o el valor de latitud/longitud textual de la ubicación desde la que se quiere calcular la ruta. Si se introduce la dirección como una cadena, el servicio la transformará a coordenadas (latitud/longitud).
- **destination**: define la dirección o el valor latitud/longitud textual de la ubicación hasta la que se quiere calcular la ruta. Si se introduce la dirección como una cadena, el servicio codificará de forma geográfica la cadena para transformarla a coordenadas (latitud/longitud).
- **region**: especifica al servicio que devuelva los resultados de una región en concreto. Este parámetro utiliza un argumento de **dominio de nivel superior geográfico** (*country code top-level domain o ccTLD*) que especifica la influencia de la región. La mayoría de los códigos de dominio de nivel superior son idénticos a los códigos ISO 3166-1, con algunas excepciones importantes.
- **sensor**: indica si la solicitud de indicaciones procede de un dispositivo con un sensor de ubicación. Este valor booleano es en nuestro caso `true`, puesto el terminal cuenta con sensor de ubicación.
- **mode**: especifica el medio de transporte a utilizar para el cálculo de ruta. En nuestro caso, siempre será `transit`. Este parámetro solicita ruta a través de transporte público según disponibilidad. Al establecer el modo “transporte público”, también se debe especificar el parámetro `departure_time` (hora de salida) o bien el parámetro `arrival_time` (hora de llegada).
- **alternatives**: este parámetro booleano especifica al servicio de rutas si se quiere obtener rutas alternativas o no. En nuestro caso siempre será `true`, puesto que queremos obtener todas las rutas posibles para más adelante analizarlas y seleccionar la más adecuada.
- **departure_time**: especifica la hora de salida y, es este, el parámetro que utilizaremos siempre en lugar de `arrival_time`.

En la Figura 5.15 se presenta un ejemplo de solicitud. En concreto, permite obtener indicaciones de Nuevos Ministerios (Madrid) a Atocha Renfe (Madrid).

<code>[...]/json</code>	<code><- Salida</code>
<code>?origin=Nuevos%20Ministerios,Madrid</code>	<code><- Origen</code>
<code>&destination=Atocha%20renfe,Madrid</code>	<code><- Destino</code>
<code>&region=es</code>	<code><- Región</code>
<code>&sensor=false</code>	<code><- Sensor</code>
<code>&mode=transit</code>	<code><- Modo</code>
<code>&alternatives=true</code>	<code><- Alternativas</code>
<code>&departure_time=1343605500</code>	<code><- Hora de salida</code>

Figura 5.15: url para solicitud de la ruta

5.3.3. Elementos de las respuestas de rutas

En nuestro caso el resultado viene dado en JSON³, el cual presenta una ventaja evidente sobre XML, en el sentido de que la respuesta que proporciona es más ligera. El análisis de este tipo de resultados resulta muy sencillo en JavaScript, ya que el formato ya es un objeto JavaScript válido.

Las respuestas de rutas constan de los siguientes elementos raíces:

- **“routes” []**: contiene el conjunto de rutas desde el origen al destino ajustadas a los parámetros requeridos. Aunque el servicio no devuelva ningún resultado, la API devolverá un conjunto de routes vacío.
- **“status”**: contiene el estado de la solicitud y puede incluir información sobre depuración para ayudarte a descubrir el motivo por el que no funciona el servicio de rutas. Entre otros, podemos encontrar **“OK”** que indica que la respuesta indica un resultado válido, **“NOT_FOUND”** que indica que al menos una de las ubicaciones especificadas en el origen, el destino o los hitos de la solicitud no se pudo codificar de forma geográfica, o bien, **“ZERO_RESULTS”** que indica que no se pudo encontrar ninguna ruta entre el origen y el destino.

A continuación, un ejemplo de los elementos raíces en código JSON:

```
{  
  "routes" : [ ... ],  
  "status" : "OK"  
}
```

³<http://www.json.org/>

Cada ruta del campo **“routes”** puede contener, entre otros, los siguientes campos:

- **“summary”**: contiene una breve descripción textual sobre la ruta para poder identificarla entre otras.
- **“legs” []**: contiene un conjunto que consta de información sobre un tramo de la ruta comprendido entre dos ubicaciones de la ruta proporcionada. Se presentará un tramo diferente por cada hito o destino especificado (Una ruta sin hitos contendrá exactamente un tramo dentro del conjunto de **“legs”**). Cada tramo consta de una serie de pasos (**“steps”**).
- **“bounds”**: contiene el cuadro delimitador de la ventana gráfica de esta ruta.
- **“copyrights”**: contiene los derechos de autor en modo texto.
- **“warnings” []**: contiene un conjunto de advertencias que se visualizará cuando se muestren las rutas.

A continuación, un ejemplo de algunos campos disponibles en una ruta en código JSON:

```
“routes” : [
{
  “bounds” : { ... },
  “copyrights” : “Datos de mapa 2014 Google, basado en BCN IGN España”,
  “legs” : [ ... ],
  “summary” : “”,
  “warnings” : [
    “Las rutas a pie están en versión beta. Ten cuidado. - En esta ruta
    puede que no haya aceras o pasos para peatones.”
  ],
},
...
],
```

Cada elemento del conjunto de **“legs”** especifica un tramo único del trayecto desde el origen al destino de la ruta calculada. Las rutas que no contengan hitos constarán de un único "tramo", mientras que las rutas en las que se hayan definido uno o varios hitos constarán de uno o varios tramos correspondientes a los tramos específicos del trayecto.

Cada tramo del campo legs puede contener los siguientes campos:

- **“steps” []**: contiene el conjunto de pasos que proporciona información sobre cada uno de los pasos del tramo de un trayecto.

- **“distance”**: indica la distancia total que abarca el tramo y que consta de los siguientes elementos:
 - **“value”**: indica la distancia en metros.
 - **“text”**: contiene una representación interpretable por humanos de la distancia expresada en kilómetros. Ejemplo: "2,1 km."
- **“duration”**: indica el tiempo total necesario para recorrer el tramo y que consta de los siguientes elementos:
 - **“value”**: indica la duración en segundos.
 - **“text”**: contiene una representación interpretable por humanos del tiempo expresada en minutos. Ejemplo: "17 min."
- **“arrival_time”**: contiene la hora estimada de finalización de este tramo. El resultado se devuelve como un objeto Time con tres propiedades:
 - **“value”**: valor de tiempo especificado como objeto de fecha (Date) de JavaScript.
 - **“text”**: valor de tiempo especificado como cadena.
 - **“time_zone”**: contiene la zona donde se muestra el valor de tiempo de esta estación. Ejemplo: “Europe/Madrid”.
- **“departure_time”**: contiene la hora estimada de llegada especificada como un objeto Time.
- **“start_location”**: contiene las coordenadas de latitud/longitud del origen del tramo.
- **“end_location”**: contiene las coordenadas de latitud/longitud del destino dado del tramo.
- **“start_address”**: contiene una dirección interpretable por humanos (normalmente una calle), que refleja el valor de origen del tramo.
- **“end_address”**: contiene una dirección interpretable por humanos (normalmente una calle), que refleja el valor de destino del tramo.

A continuación un ejemplo del objeto **“legs”** en código JSON:

```
“legs” : [  
  {  
    “arrival_time” : {  
      “text” : “2:29”,  
      “time_zone” : “Europe/Madrid”,  
      “value” : 1388712546  
    },  
    “departure_time” : {  
      “text” : “1:45”,  
      “time_zone” : “Europe/Madrid”,  
      “value” : 1388709900  
    },  
    “distance” : {  
      “text” : “6,6 km”,  
      “value” : 6597  
    },  
    “duration” : {  
      “text” : “44 min”,  
      “value” : 2646  
    },  
    “end_address” : “Madrid - Atocha Cercanias, 28007 Madrid, España”,  
    “end_location” : {  
      “lat” : 40.4065905,  
      “lng” : -3.6893737  
    },  
    “start_address” : “Nuevos Ministerios, 28046 Madrid, España”,  
    “start_location” : {  
      “lat” : 40.4463863,  
      “lng” : -3.6924805  
    },  
    “steps” : [],  
  },  
],
```

Cada elemento del conjunto de **steps** define un paso único de las rutas calculadas. Un paso es la unidad más atómica de una ruta, que consta de un único hito que describe una instrucción específica y única del trayecto.

Cuando se utiliza la API de rutas para buscar rutas de transporte público, el conjunto de pasos incluye información de transporte público en forma de un conjunto **transit_details**. Si en las rutas se incluyen varios medios de transporte, se proporcionarán rutas detalladas para los pasos a pie y en coche en un conjunto **sub_steps**.

Cada paso del campo **steps** puede contener los siguientes campos:

- **“html_instructions”**: contiene instrucciones de formato en forma de cadena de texto HTML.

- **“distance”**: contiene la distancia que hay que recorrer desde un paso hasta el siguiente.
- **“duration”**: contiene el tiempo estimado necesario para realizar un paso antes de pasar al siguiente.
- **“start_location”**: es un conjunto único de campos de **lat** y de **lng** que indica la ubicación del punto de partida de un paso determinado.
- **“end_location”**: es un conjunto único de campos de **lat** y de **lng** que indica la ubicación del punto de finalización de un paso determinado.
- **“sub_steps”**: contiene indicaciones detalladas para ir a pie o indicaciones para ir en transporte público. Los subpasos solo están disponibles cuando **travel_mode** se establece en **“transit”**.
- **“transit_details”**: contiene información específica del transporte público. Este campo solo se muestra cuando **travel_mode** se establece en **“transit”**.

A continuación se muestra el código JSON correspondiente a un paso:

```
{
  "distance" : {
    "text" : "5,5 km",
    "value" : 5540
  },
  "duration" : {
    "text" : "15 min",
    "value" : 882
  },
  "end_location" : {,
    "lat" : 40.4065905,
    "lng" : -3.6893737
  },
  "html_instructions" : "Metro en dirección a Valdecarros",
  "start_location" : {,
    "lat" : 40.4469715,
    "lng" : -3.7039716
  },
  "transit_details" : { ... },
  "travel_mode" : "TRANSIT"
}
```

Las rutas de transporte público devuelven información adicional que no es relevante para otros medios de transporte. Estas propiedades adicionales se exponen a través del objeto **transit_details**, que se muestra como un campo de un elemento en el conjunto

`steps[]`. A partir del objeto `TransitDetails`, puedes acceder a información adicional sobre la parada, la línea y la compañía de transporte público.

Un objeto `transit_details` puede contener los campos indicados a continuación.

- **“arrival_stop”** y **“departure_stop”**: contienen información sobre la parada o la estación para esta parte del recorrido. Los detalles de la parada pueden incluir:
 - **“name”**: nombre de la estación o la parada. Ejemplo: “Madrid-Recoletos”.
 - **“location”**: ubicación de la estación o parada de transporte público, representada como campos `lat` y `lng`.
- **“arrival_time”** y **“departure_time”**: contienen las horas de salida y de llegada para esta parte del viaje, con las siguientes tres propiedades:
 - **“text”**: valor de tiempo especificado como cadena.
 - **“value”**: hora especificada con el formato Unix o los segundos desde la medianoche del 1 de enero de 1970 UTC.
 - **“time_zone”**: contiene la zona donde se muestra el valor de tiempo de esta estación. Ejemplo: “Europe/Madrid”.
- **“headsign”**: especifica la dirección en la que viaja la línea, tal y como aparece en el vehículo o en la parada de salida. Generalmente esta será la última estación.
- **“headway”**: especifica el número previsto de segundos entre salidas de la misma parada en ese momento. Por ejemplo, con un valor “900” habría una media de espera de 15 minutos.
- **“num_stops”**: contiene el número de paradas de este paso, contando la parada de llegada, pero no la de salida.

A continuación se muestra un objeto `transit_details`:

```
“transit_details” : {  
  “arrival_stop” : {  
    “location” : {,  
      “lat” : 40.4065905,  
      “lng” : -3.6893737  
    },  
    “name” : “Atocha Renfe”  
  },  
  “arrival_time” : {  
    “text” : “2:29”,
```

```
    "time_zone" : "Europe/Madrid",
    "value" : 1388712546
  },
  "departure_stop" : {
    "location" : {
      "lat" : 40.4469715,
      "lng" : -3.7039716
    },
    "name" : "Cuatro Caminos"
  },
  "departure_time" : {
    "text" : "2:14",
    "time_zone" : "Europe/Madrid",
    "value" : 1388711664
  },
  "headsign" : "Valdecarros",
  "line" : { ... },
  "num_stops" : 10
},
```

Valor	Definición
RAIL	Ferrocarril
METRO_RAIL	Tren ligero
SUBWAY	Metro ligero
TRAM	Tranvía
MONORAIL	Monorraíl
HEAVY_RAIL	Tren pesado
COMMUTER_TRAIN	Tren de cercanías
HIGH_SPEED_TRAIN	Tren de alta velocidad
BUS	Autobús
INTERCITY_BUS	Autocar
TROLLEYBUS	Trolebús
SHARE_TAXI	Taxi colectivo
FERRY	Ferry
CABLE_CAR	Teleférico
GONDOLA_LIFT	Telecabina
FUNICULAR	Funicular
OTHER	Para el resto de vehículos se devolverá este tipo

Tabla 5.2: Valores de la propiedad `vehicle.type`

- **“line”**: contiene información sobre la línea de transporte público utilizada en este paso y puede incluir las siguientes propiedades:
 - **“name”**: contiene el nombre completo de la línea de transporte público. Por ejemplo, “Atocha-Chamartín-Villalba-El Escorial/Cercedilla”.

- **“short_name”**: contiene el nombre abreviado de la línea de transporte público. Generalmente, suele ser un número de línea, como puede ser “876” o “C8”.
- **“color”**: contiene el color que se utiliza normalmente para señalar la línea de transporte público en cuestión. El color se especificará como una cadena hexadecimal similar a esta: #FF0033.
- **“agencies”**: contiene información sobre el operador de la línea, incluidas las siguientes propiedades:
 - **“name”**: contiene el nombre de la empresa de transporte público.
 - **“url”**: contiene la URL de la empresa de transporte público.
 - **“phone”**: contiene el número de teléfono de la empresa de transporte público.
- **“url”**: contiene la URL de esta línea de transporte público tal y como la proporciona la empresa de transporte.
- **“icon”**: contiene la URL correspondiente al icono asociado a esta línea.
- **“text_color”**: contiene el color del texto en hexadecimal que se utiliza normalmente para señalar la línea en cuestión.
- **“vehicle”**: contiene el tipo de vehículo utilizado en la línea en cuestión. Puede incluir las siguientes propiedades:
 - **“name”**: contiene el nombre del vehículo de la línea. Por ejemplo: "Subway"(metro).
 - **“type”**: contiene el tipo de vehículo utilizado en la línea en cuestión. En la Tabla 5.2 podemos observar una lista completa de los valores admitidos.
 - **“icon”**: contiene la URL correspondiente a un icono asociado al tipo de vehículo en cuestión.

A continuación se muestra un objeto **line**:

```
“line” : {  
  “agencies” : [ {  
    “name” : “Información oficial: Consorcio Regional de Transportes de Madrid”,  
    “url” : “http://www.crtm.es/”  
  },  
  “color” : “#2dbef0”,  
  “name” : “Pinar de Chamartín-Valdecarros”,  
  “short_name” : “1”,  
  “text_color” : “#ffffff”,  
  “url” : “http://www.crtm.es/htdocs/esquemas/M001.jpg”,  
  “vehicle” : {
```

```
    "icon" : "//maps.gstatic.com/mapfiles/transit/iw/6/metro.png",  
    "local_icon" : "//maps.gstatic.com/mapfiles/transit/iw/6/es-madrid-metro.png",  
    "name" : "Metro",  
    "type" : "SUBWAY"  
  }  
{,
```

6 | Pruebas y resultados

6.1. Introducción

Con el fin de testar los módulos implementados, se han realizado baterías de pruebas intermedias al sistema durante su desarrollo, considerando el cumplimiento de las características de funcionalidad, usabilidad, seguridad y rendimiento de las mismas.

Como prueba final, se ha realizado un recorrido específico para varios individuos comprendidos en rangos de diferentes edades, sin padecer ninguno de ellos de discapacidad intelectual. No obstante, se ha contado con la colaboración de un individuo de 80 años de edad, que sin duda, ha sido el sujeto con mayor interés.

6.2. Pruebas de funcionamiento

Durante el desarrollo del sistema en el laboratorio AmILab, se realizaron diversos tipos de pruebas con el fin de garantizar una herramienta de calidad, robusta y fiable.

Las primeras pruebas realizadas fueron las pruebas estáticas, caracterizadas porque se realizan sin ejecutar el código de la aplicación. Estas “pruebas de escritorio” se realizan con el objetivo de seguir el flujo de la aplicación en busca de errores. Un ejemplo claro de este tipo de pruebas fue seguir el flujo del “Servicio GPS”, desde su selección como proveedor de localización hasta el cálculo de las coordenadas.

Afianzando la correcta modularidad del sistema, las segundas pruebas realizadas fueron las pruebas unitarias de cada uno de sus módulos. Estas pruebas aseguran un correcto funcionamiento de cada módulo por separado.

Finalmente, tras superar las pruebas unitarias de forma satisfactoria se realizaron las pruebas de integración con todo los módulos en conjunto. En este tipo de pruebas se testó el correcto funcionamiento de la herramienta. Para su realización, se falseo las coordenadas de origen y destino, de manera que no hubiera que realizar desplazamiento alguno

para efectuar las diferentes rutas.

6.3. Pruebas en entorno real

6.3.1. Usuarios

Los usuarios que realizaron las pruebas han sido clasificados en diferentes rangos según su edad. De estos once participantes ($N=11$), se ha de destacar que ninguno de ellos padecía discapacidad intelectual y que más de un 60 % eran hombres como muestra el Diagrama 6.2 . No obstante, se creyó oportuno el desarrollo de pruebas con este tipo de usuarios antes de realizarlas con usuarios finales con necesidades especiales, debido a la falta de tiempo y el despliegue de medios necesario para su adecuada realización. En la Figura 6.1 se aprecia un gráfico con el porcentaje de usuarios según el rango de edad que han realizado las pruebas.

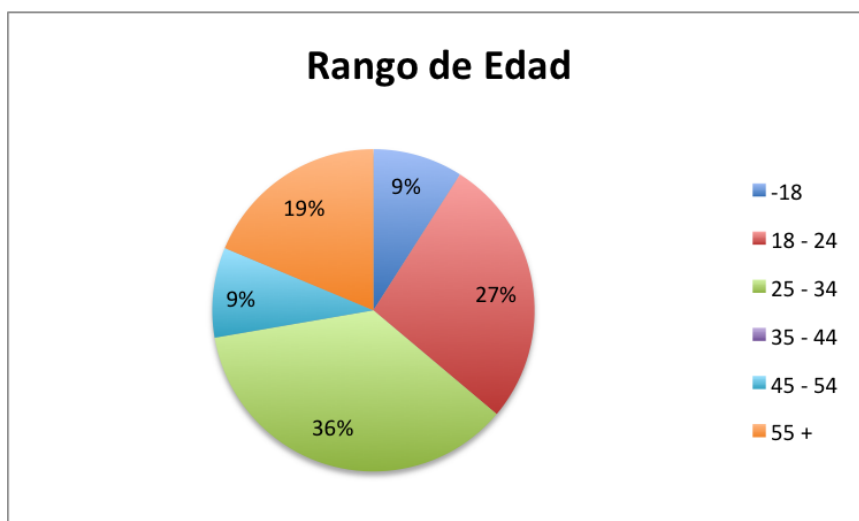


Figura 6.1: Gráfico de usuarios según el rango de edad

En cuanto a información relevante sobre los usuarios, tras la realización de las pruebas se rellenó un formulario de información personal que se puede visualizar en el Anexo C. En él se tratan ciertos hábitos relacionados con el transporte público y el uso de sus *smartphones*. Tras el análisis de los cuestionarios, cabe destacar que la mayoría posee un teléfono inteligente con conexión a internet y además, cuenta con aplicaciones de transporte público en sus terminales. Fijándonos en el uso de las aplicaciones para transporte público, la mayoría de usuarios las utilizan a diario o cuando realiza una ruta nueva, como nos muestra la Figura 6.3. También, se ha de mencionar que un gran porcentaje de los usuarios utiliza más el autobús (interurbano y urbano) o el tren que el metro, debido

en gran parte, a que la residencia de estos individuos esta situada a 50 kilómetros aproximadamente de la capital. En la Figura 6.4 se muestra un diagrama representando el transporte público más utilizado por los usuarios.

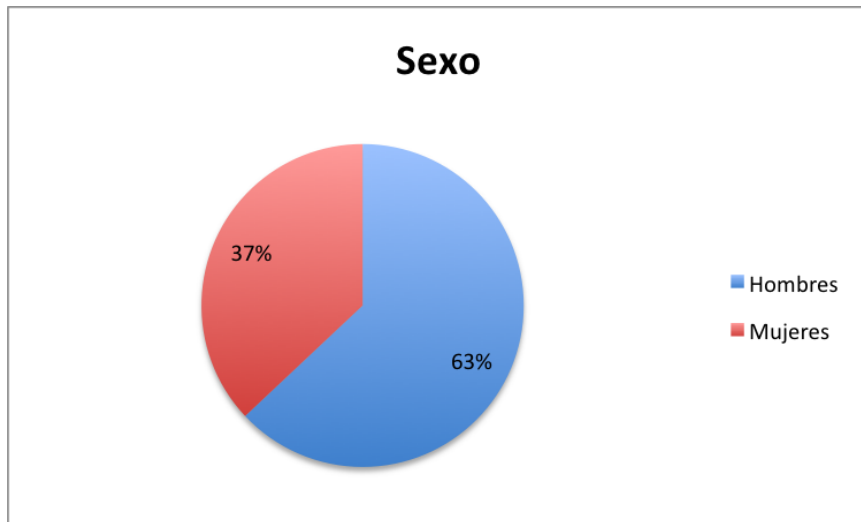


Figura 6.2: Porcentaje de hombres y mujeres

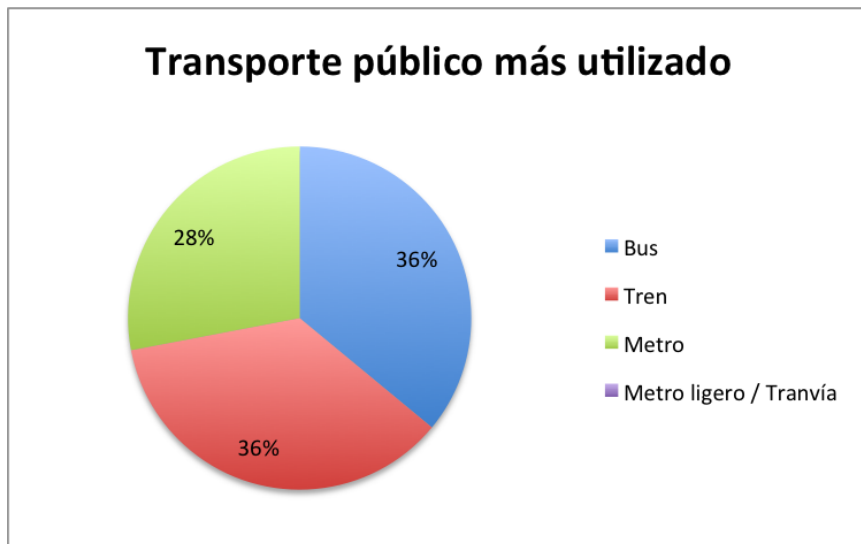


Figura 6.3: Transporte público más utilizado

Como dato a curioso destacar, encontramos un sujeto de 80 años entre los usuarios llamado Luis. Esta persona no cuenta con conocimiento alguno sobre teléfonos inteligentes y lo que eso conlleva. Más adelante en la Sección 6.3.2 se muestra su caso de prueba paso por paso.

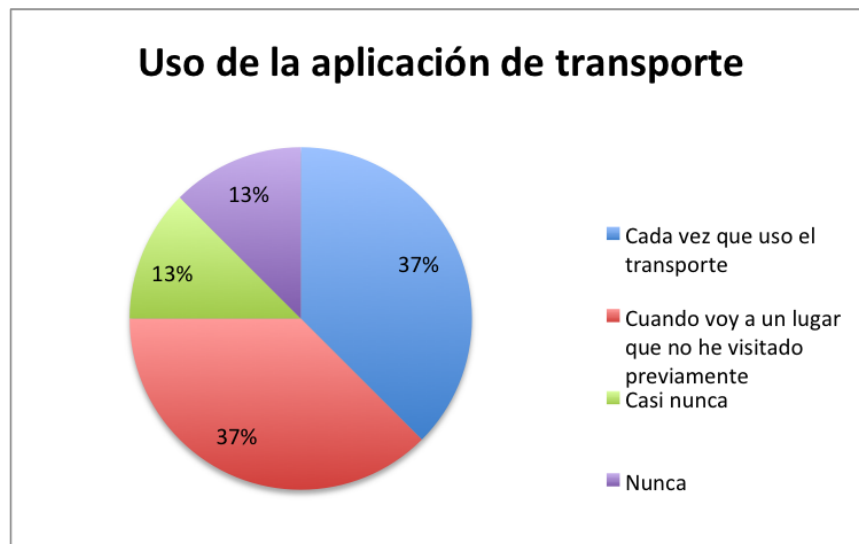


Figura 6.4: Uso de una aplicación de transporte público

6.3.2. Metodología

Ruta elegida

La ruta realizada parte desde el intercambiador de **Plaza Castilla** y finaliza en la estación de **Puerta del Sol**. Las preferencias establecidas, comunes para todos los participantes, han sido la utilización de todos los medios de transporte y la utilización de la ruta rápida. En este caso, la ruta rápida entre estos dos puntos consta de un transbordo entre dos tipos diferentes de transportes públicos, metro y tren. Por las características de este tipo de ruta, podemos situarla en un nivel de dificultad medio-alto. En la Figura 6.5 se aprecia una imagen del recorrido realizado y sus respectivas líneas.

Para describir la ruta elegida con mayor detalle se utiliza un caso de ejemplo en el Capítulo 6.3.2 “Caso de ejemplo: Luis”, donde se describen los pasos seguidos por un sujeto de 80 años de edad llamado **Luis**, los obstáculos encontrados y su forma de solventarlos.

Para tener un mayor conocimiento del flujo del sistema, en la Figura 6.6 se describe en pantallas el flujo del usuario (color rojo) y la previa configuración del dispositivo por el cuidador (color verde). Como se observa en el diagrama, una vez seleccionado el destino adecuado y tras el sistema haber calculado la ruta adecuada, se procede a la visualización de dicha ruta paso a paso. En este caso, la ruta se compone de dos pasos, el primero de ellos en metro y el segundo en cercanías. Tras la finalización de la ruta, el flujo retorna al usuario a la guía de destinos, donde podrá salir de la aplicación o por el contrario, continuar con un nuevo guiado de ruta.

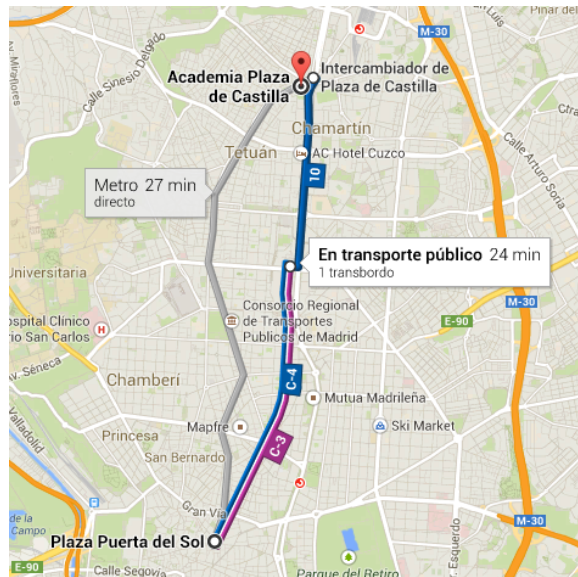


Figura 6.5: Ruta de prueba

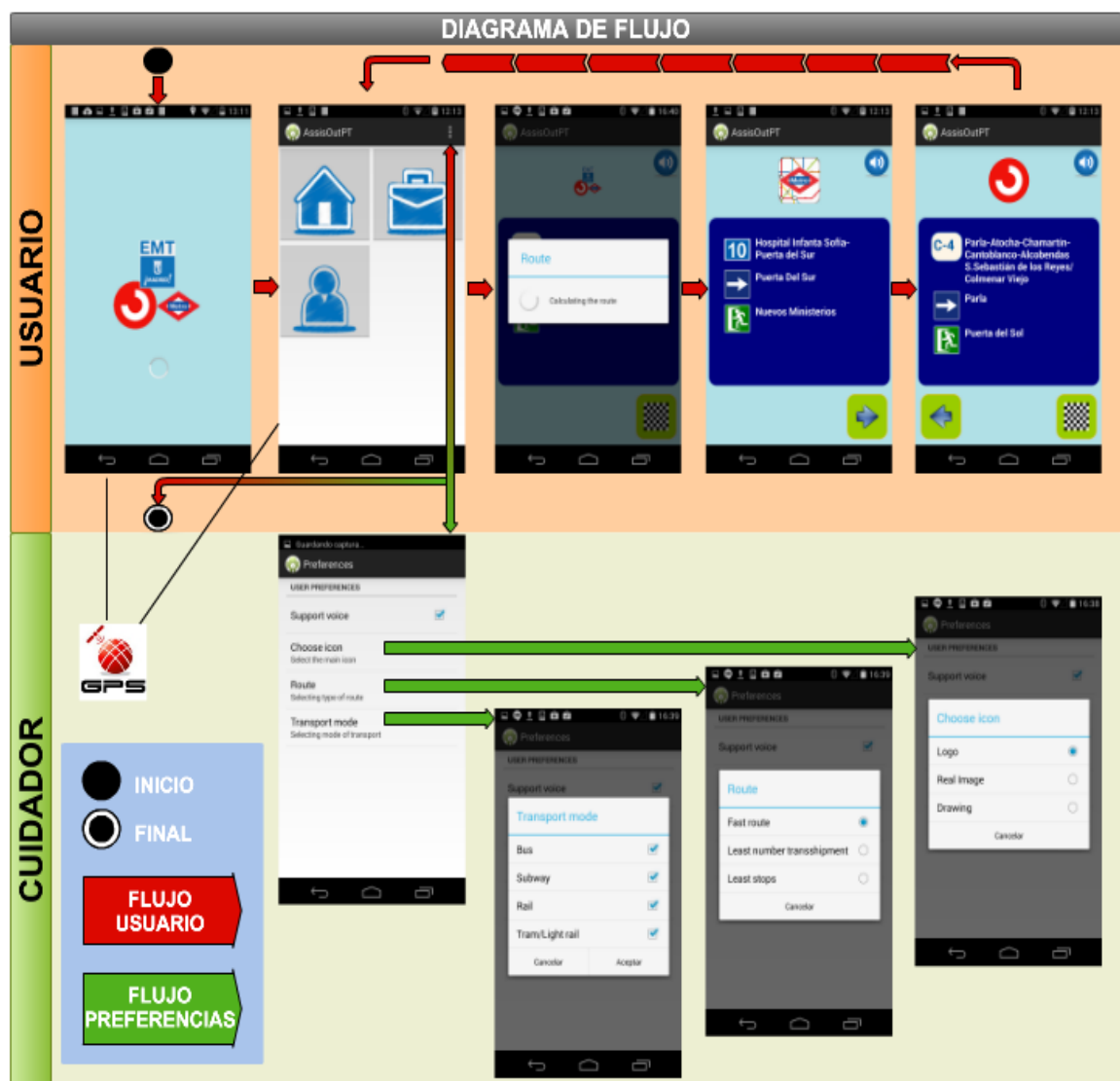


Figura 6.6: Diagrama de Flujo

Equipos empleados

Durante el desarrollo del sistema y la realización de las pruebas se utilizaron varios terminales con diferentes características. Los dispositivos empleados contaban con una versión superior a Android 2.2 *Froyo* (API level 8), la versión mínima requerida para el correcto funcionamiento del sistema.

En la Figura 6.7 se aprecia el dispositivo *Google Nexus 5*, el principal dispositivo utilizado en el desarrollo del sistema y la realización de las pruebas. Este terminal cuenta con la versión Android 4.4 *KitKat* como sistema operativo y una pantalla de 4,95 pulgadas. Como características a destacar para el correcto funcionamiento de la herramienta durante la prueba, el dispositivo cuenta con acceso a internet a través de conexión 3G y esta provisto de GPS para los servicios de geolocalización.



Figura 6.7: Dispositivo Google Nexus 5

Como segundo dispositivo a destacar en la realización de pruebas, encontramos el *Samsung Galaxy 3*. Este dispositivo está provisto, al igual que el anterior, de conexión 3G y servicio de localización GPS. Como diferencias a remarcar con el anterior, este terminal está provisto de la versión Android 4.0 *Ice Cream Sandwich* y posee una pantalla de 4,8 pulgadas, similar a la anterior. En la Figura 6.8 se visualiza una imagen del dispositivo descrito.



Figura 6.8: Samsung Galaxy 3

Caso de ejemplo: Luis

Luis, es un hombre de 80 años de edad que no suele utilizar el transporte público, aunque actualmente, suele coger el autobús un par de veces cada tres meses. Luis no cuenta con conocimientos de ningún tipo en las nuevas tecnologías, no posee un teléfono con conexión a internet y, menos aún, un *smartphone*.

Paso 1- Instrucciones de uso

Antes de comenzar con la prueba, Luis debe ser explicado con detenimiento el funcionamiento básico de un *smartphone*. Tras una básica explicación, se procede a una descripción de las instrucciones de funcionamiento de la aplicación. Como es de entender, este paso llevó un tiempo significativo que seguramente una persona con conocimientos básicos en *smartphones* no hubiera empleado. Después de demostrar Luis el entendimiento básico de funcionamiento de la app, se procedió al siguiente paso.

Paso 2 - Inicio de la ruta en el intercambiador de Plaza Castilla

En este paso, se explica a Luis que la ruta consiste en ir a través del transporte público desde Plaza Castilla hasta Puerta del Sol, siguiendo los pasos que la app va mostrando en la pantalla del terminal. Dicho esto, Luis procedió a comenzar la prueba de manera individual, pero siempre bajo la tutela de un tutor a una distancia prudente y que no interfiriese en la prueba. En la Figura 6.9 se observa la situación de Luis al principio de la prueba.

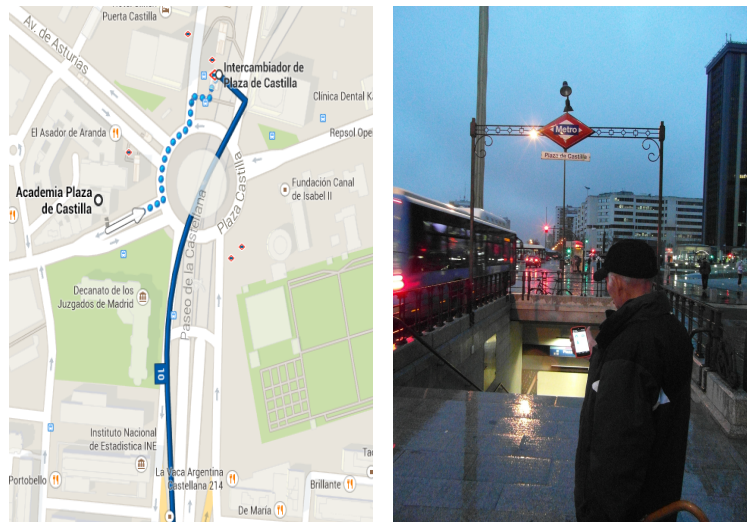


Figura 6.9: Inicio de la ruta de prueba en el intercambiador de Plaza Castilla

Paso 3 - Orientación en el intercambiador de Plaza Castilla

La orientación en el intercambiador no fue tarea fácil para Luis, no obstante, hemos de dar un punto positivo a la información a través de carteles que posee el intercambiador de Plaza Castilla. Desde el paso anterior y como muestra la Figura 6.10, Luis tenía conocimiento de que línea tenía que tomar, en qué sentido y cual era su parada. Luis se centró en primer lugar en buscar el acceso al metro 6.14a como la aplicación mostraba. Una vez dentro del metro, se fue orientando con el número de la línea, el número 10. Como se aprecia en las Figuras 6.14b, 6.14c y 6.14d siempre comparaba lo que la pantalla le mostraba con los rótulos de información. Como punto de dificultad a mencionar, es la bifurcación de la línea 10 en dos sentidos diferentes. En este punto, Luis se pauso un tiempo, comparando reiteradamente la información que ponía en ambos rótulos con la que aparecía en la app. En las Figuras 6.14e y 6.14f podemos apreciar ese punto crítico de este primer paso. Finalmente y sin ayuda externa, consiguió solventar el punto crítico. En la Figura 6.14 se aprecian imágenes de la orientación desde el exterior hasta llegar al andén correcto de la “línea 10” con sentido “Puerta del Sur”.

Paso 4 - Transito en la línea 10 de metro hasta Nuevos Ministerios

A lo largo del trayecto, nuestro usuario Luis fue observando detenidamente los rótulos de dentro del vagón, aunque en la zona donde estaba situado no había ninguno correspondiente a la línea 10. El usuario observaba reiteradamente la app fijándose en que parada debía bajarse, hasta que a través de los altavoces del metro sonó su parada, “Nuevos Ministerios”. De nuevo y sin ayuda externa, Luis consiguió com-



Figura 6.10: Primer paso de la ruta

pletar su primer paso. En la Figura 6.11 se aprecia una imagen con el primer paso superado.

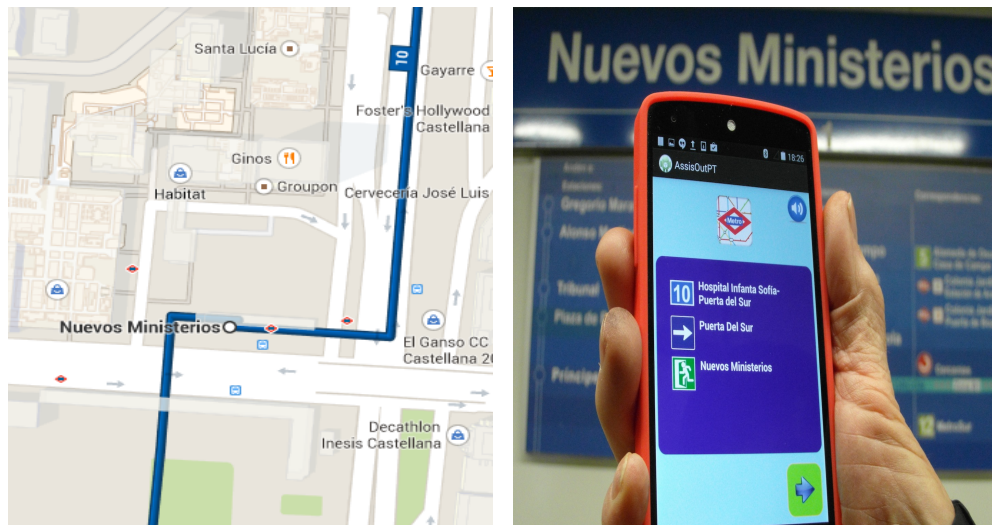


Figura 6.11: Transbordo en el intercambiador de Nuevos Ministerios

Paso 5 - Transbordo en el intercambiador de Nuevos Ministerios

Una vez finalizado el primer paso, Luis procedió a pulsar el botón siguiente para comenzar el segundo paso de la ruta, donde se detuvo un tiempo para cerciorarse de cual era la acción a realizar. En la Figura 6.12 se aprecia un detalle del siguiente paso a realizar desde el andén 1 de la línea 10 en la estación de Nuevos ministerios. Una vez el usuario situado, procedió a la búsqueda de cercanías hasta que halló su entrada, como bien se aprecia en las Figuras 6.15a, 6.15b y 6.15c. Dentro de las

instalaciones de renfe, Luis consultó repetidas veces la aplicación buscando la línea a la que dirigirse. Tras varios minutos de búsqueda de la línea C-4, Luis supo solventar los problemas de orientación y hallar un rótulo con su línea. en las Figuras 6.15d, 6.15e y 6.15f podemos observar esta parte del recorrido. Finalmente, Luis encontró su sentido “Parla”, en el andén número 8 como muestran las Figuras 6.15g y 6.15h. En la Figura 6.15 se aprecia una secuencia de imágenes de la orientación en el intercambiador de Nuevos Ministerios. Al contrario que en el anterior intercambiador, en Nuevos Ministerios la señalización no es tan intuitiva. Esto produjo un poco de confusión en el transcurso del transbordo. No obstante, Luis consiguió solventar los problemas hasta coger el tren C-4 sentido Parla sin intervención del tutor.

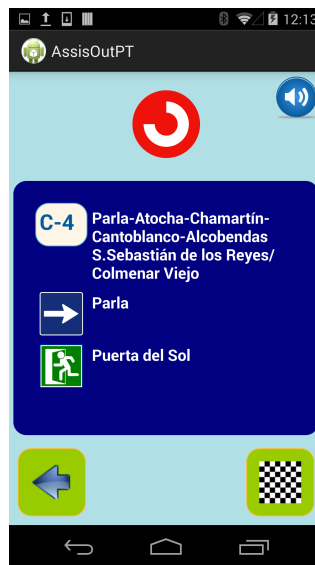


Figura 6.12: Segundo paso de la ruta

Paso 6 - Tránsito en la línea C-4 de cercanías hasta Puerta del Sol

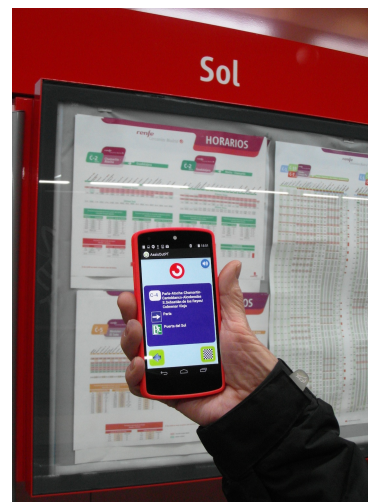
El tránsito en cercanías fue breve, tanto que casi el sujeto se pasa de parada. A esto, hemos de añadir que aunque Luis verificó cual era su parada, en el interior del vagón no había suficiente información para conocer cuantas paradas quedaban. Además, el sonido informativo sobre la próxima parada era demasiado bajo, llegando a no entenderse su contenido. En la Figura 6.13a se observa la información que hay disponible dentro del vagón de tren. En la Figura 6.13b se observa la finalización del último paso y, con ello, la finalización de la ruta con destino Puerta del Sol.

Tras la finalización de la ruta de prueba, el usuario Luis, al igual que todos los usuarios que probaron la aplicación, realizó un cuestionario de usabilidad, Anexo B y un cuestionario de información personal alojado en el Anexo C. Además, durante la realización de la ruta se fue almacenando en un registro información sobre la interacción, ejecución, etc,

del sistema para su posterior análisis. En el Anexo [A](#) encontramos el informe generado en la prueba del usuario Luis.



(a) Recorrido en tren

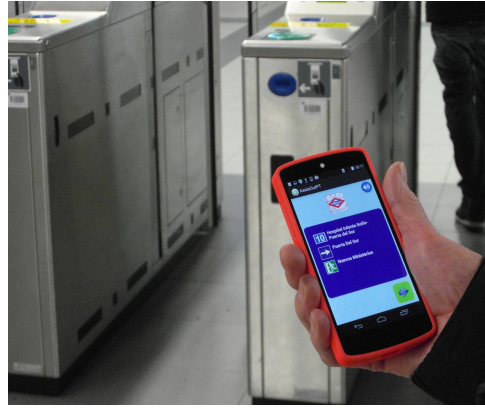


(b) Finalización de la ruta

Figura 6.13: Últimos pasos de la ruta de prueba



(a) Entrada al metro



(b) Detalle del primer paso



(c) Siguiendo la línea 10



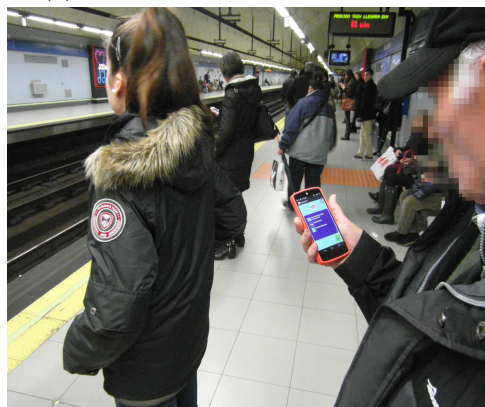
(d) Siguiendo los rótulos



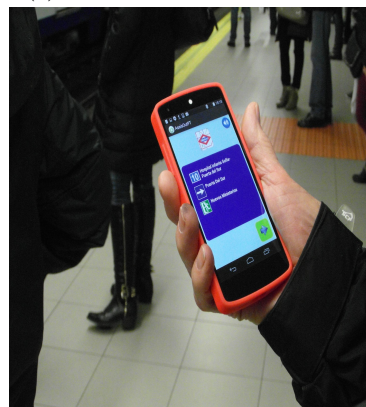
(e) Bifurcación línea 10



(f) Sentido Puerta del Sur



(g) Esperando al metro

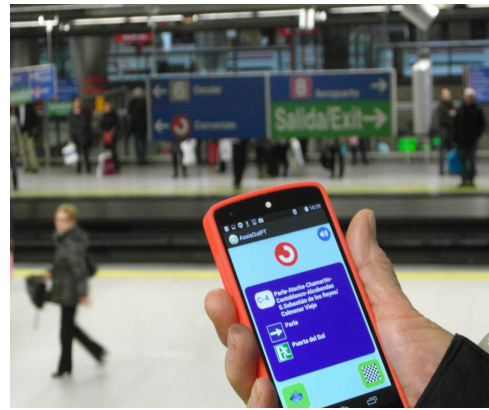


(h) Detalle aplicación

Figura 6.14: Inicio de la ruta de prueba en el intercambiador de Plaza Castilla



(a) Rótulos de orientación



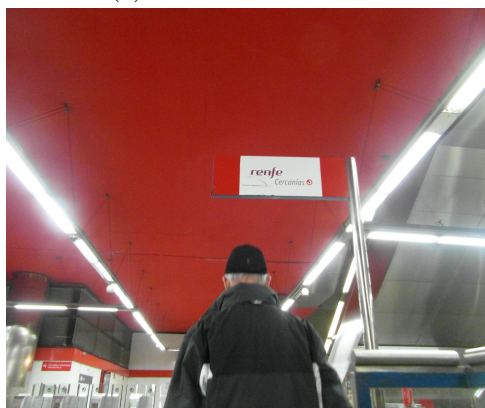
(b) Detalle del segundo paso



(c) Acceso a cercanías



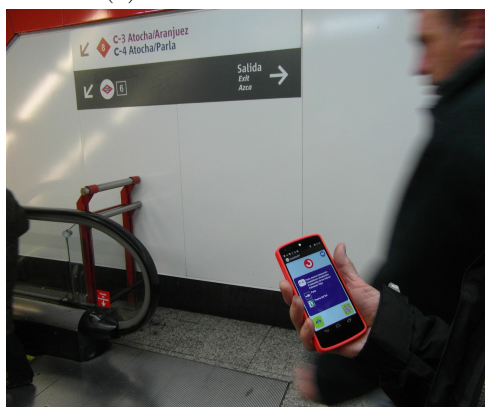
(d) Buscando línea C-4



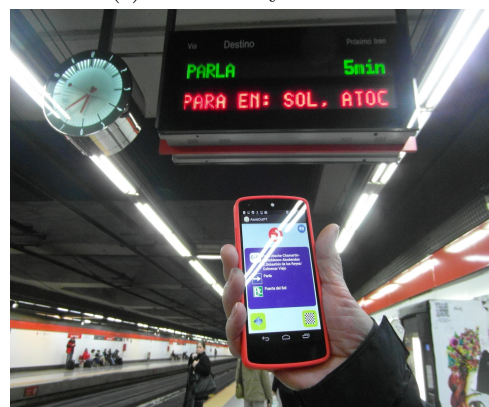
(e) Buscando línea C-4



(f) Andenes y sentidos



(g) Buscando línea C-4



(h) Bajada la andén 8

Figura 6.15: Orientación en el intercambiador de Nuevos Ministerios

6.3.3. Análisis de datos

Resultados de ejecución

La recopilación de datos de los usuarios y su análisis, es un factor determinante para llegar a una resolución favorable, o no, de la herramienta. Estos informes sobre la ejecución del usuario han sido recopilados tras el desarrollo de la prueba. Los registros son explicados con mayor detalle en la Sección 5.2.3.

Analizando los informes de las pruebas, se aprecia un correcto funcionamiento de la herramienta en base a errores. De todos los casos, sólo se ha registrado un error en la ejecución del sistema debido a la versión que portaba el terminal. Fijándonos en la variable tiempo, hemos de destacar que la realización de la ruta fue aproximadamente en el tiempo estimado según la *API de Rutas de Google*, donde el caso excepcional se demoró apenas 20 minutos. Este caso en particular corresponde al usuario de 80 años de edad, el cual hacía más de veinte años que no utilizaba el metro y el tren como transporte público. En la Figura 6.16 se visualiza el diagrama con los tiempos obtenidos, donde el rombo azul pertenece a la duración de la prueba y los cuadrados rojos pertenecen a la estimación realizada por Google. Se observa que el tiempo estimado no siempre es el mismo, debido a que la estimación realizada por Google depende de diversos factores como el tráfico con la información en tiempo real. Este último factor es el que acaba teniendo más impacto sobre la estimación final, aunque ni siquiera con los mejores datos se puede ofrecer una estimación precisa, como se denota en el diagrama donde los usuarios unas veces tardan más y otras menos.

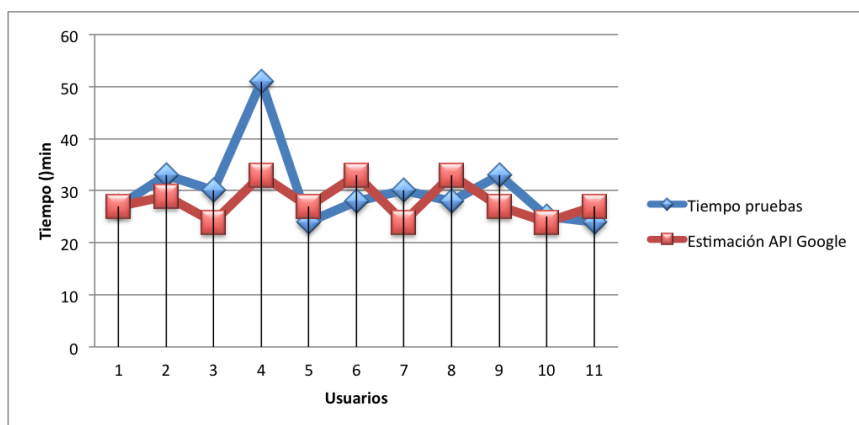


Figura 6.16: Tiempos estimados y tiempos efectuados en las pruebas

En cuanto a la interacción medida, no se han obtenidos datos relevantes. El número de “clicks” contabilizados es poco relevante puesto que al ser una herramienta novedosa para todos ellos, los usuarios dedicaron un tiempo a indagar en la herramienta y familiarizarse

con el entorno.

Resultados de usabilidad

La recopilación de información sobre la usabilidad de la aplicación, se ha realizado mediante un cuestionario estándar diseñado por Lund [10] que puede visualizarse con detalle en el Anexo B. El cuestionario cuenta con 29 preguntas cerradas para medir las variables de utilidad (8), facilidad de uso (10), facilidad de aprendizaje (4) y satisfacción (7) de la aplicación. Cada pregunta se evalúa en una escala *Likert* entre 1 (mínimo) y 5 (máximo). El formato de un típico elemento de *Likert* cuenta con cinco niveles de respuesta:

1. Totalmente en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. Ni de acuerdo ni en desacuerdo
4. De acuerdo
5. Totalmente de acuerdo

Centrándonos en la variable de **utilidad** del sistema, los encuestados están totalmente de acuerdo en que la aplicación es útil y les hace ser más eficaces. No obstante, una gran parte de ellos está en desacuerdo en que la aplicación hace todo lo que se podría esperar de ella. Esto puede ser debido a que los usuarios esperaban una herramienta más completa y con mayor funcionalidad, al igual que ofrecen otras aplicaciones como puede ser *Google Transit* o *Moovit*, sin apreciar otros aspectos relevantes para los usuarios finales de esta herramienta como la facilidad y la simplicidad.

Analizando la **facilidad de uso** de la herramienta, los usuarios están totalmente de acuerdo en que esta es fácil y simple de usar, pudiendo usarla en cualquier momento y resolviendo los fallos rápida y fácilmente. Incluso, valoran con gran puntuación la claridad de esta, donde no encuentran contradicción ninguna cuando la usan.

En cuanto a la **facilidad de aprendizaje**, los usuarios estaban generalmente de acuerdo o totalmente de acuerdo en que la herramienta era fácil de aprender a utilizarla, sin grandes esfuerzos a la hora de recordar su funcionamiento y desenvolviéndose con gran habilidad en su utilización.

Estimando los datos sobre la **satisfacción** de la aplicación, los usuarios están totalmente satisfechos con la herramienta y su experiencia. La mayoría de ellos siente la

necesidad de contar en su terminal con la aplicación y recomendarían la herramienta a sus amigos.

Valorando todos los aspectos anteriores y analizando los resultados, se ha obtenido el diagrama de la Figura 6.17. Este diagrama muestra las cuatro variables medidas donde todas ellas, exceptuando la de utilidad, superan el 4, es decir, la facilidad de uso, el aprendizaje y la satisfacción son altamente favorecidos por la herramienta. En cuanto a la utilidad, aunque casi roza el 4, demuestra que la herramienta es considerada útil por los usuarios.

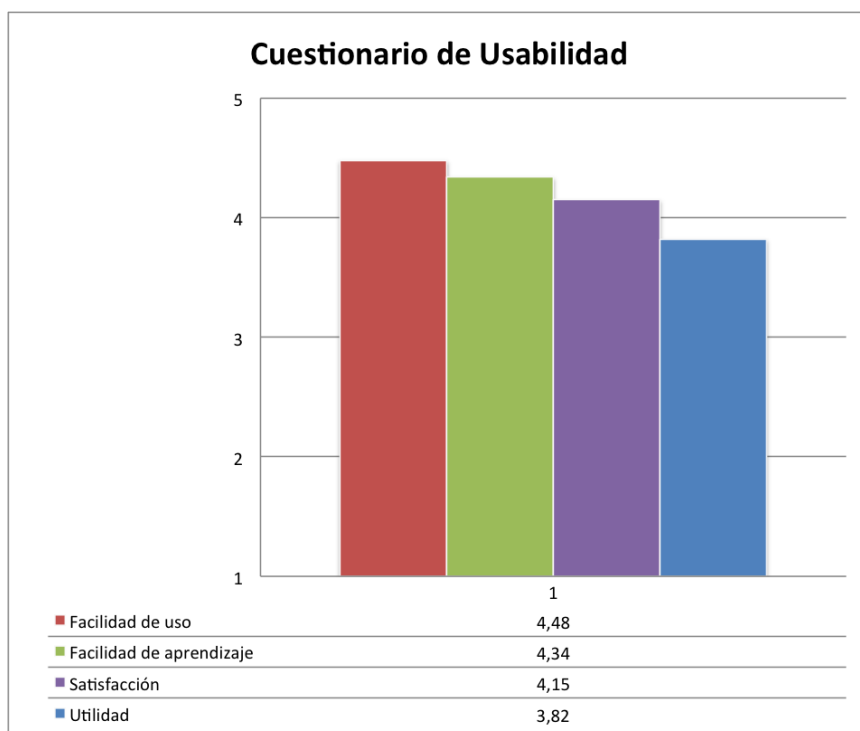


Figura 6.17: Estimación de usabilidad del sistema

Con los datos obtenidos sobre la usabilidad del sistema, se puede concluir que la aplicación gusta y de manera equitativa.

6.3.4. Conclusiones

Como se ha podido comprobar tras la realización de las pruebas, los supuestos de funcionamiento se cumplen: interfaz gráfica, información, colores, navegación, rutas, pasos, etc. Además, el guiado ha sido correcto en todos los casos, llegando a finalizar la ruta de una forma satisfactoria. No obstante, se ha tomado nota en los puntos a mejorar como puede ser la eliminación del nombre completo de la línea a coger, puesto que en ocasio-

nes interfiere en un correcto guiado. Con todo esto, se da por finalizada la prueba como satisfactoria.

Analizando los informes se verifica el correcto funcionamiento del sistema, dando un punto favorable a la herramienta en base a su fiabilidad. En cuanto a la interacción con el usuario se han obtenido datos poco relevantes sobre la herramienta, debido a que esta era novedosa para los usuarios y únicamente ha sido probada en un trayecto. De los datos obtenidos se denota un correcto uso del sistema sin apenas utilizar la funcionalidad “texto a voz”. Estos datos obtenidos sobre interacción, han de ser más relevantes en pruebas con usuarios con discapacidad intelectual en períodos de corto, medio y largo alcance.

Además, se puede decir que el sistema cumple con los cuatro bloques principales que definen la usabilidad del sistema: utilidad, facilidad de uso, facilidad de aprendizaje y satisfacción. Todos estos dotan a la herramienta como altamente usable entre las personas sin discapacidad intelectual.

Estas pruebas satisfactorias permiten establecer una primera versión estable (versión beta), lista para ser probada en usuarios finales con discapacidad intelectual. El fin de estas futuras pruebas de la versión beta, no es otro, que obtener información para posibles mejoras y comprobar que cumple con las expectativas deseadas.

7 | Conclusiones

El TFG presentado parte con los objetivos fundamentales de facilitar el proceso de aprendizaje y proveer al individuo con necesidades especiales de mayor autonomía y responsabilidad. Es por esto que el sistema es una ayuda en la realización de rutas a través de transporte público para personas con este tipo de necesidades.

El sistema propuesto se basa en una aplicación móvil que, gracias a diversas peticiones a servidores externos, procesa las rutas disponibles y realiza el cálculo de la ruta más adecuada según los parámetros preestablecidos del usuario por el cuidador. Este sistema utiliza una estructura modular que permite una fácil extensibilidad de la aplicación, lo que facilita la colaboración futura de terceros. Además, este tipo de estructura simplifica la integración de este sistema con la herramienta *AssisT-Out*.

Por otra parte, del lado del cliente se ha creado una interfaz que muestra los resultados de una forma paginada y que da la sensación de rapidez al ir mostrando los resultados conforme son recibidos del servidor y tratados por la aplicación. Esto permite que la experiencia del usuario sea satisfactoria a la vez que intuitiva, reduciendo la posibilidad de distracción en el transcurso de trayecto.

Siendo conscientes de todas las variables externas posibles en la realización del recorrido, se han intentado reducir el impacto de algunas de ellas. Entre otras formas de reducir este impacto, se ha utilizado proveedores de servicios fiables como la *API de rutas de Google Maps*, ya que la robustez de esta le proporciona una fiabilidad elevada a nuestra herramienta. Además, se hace uso de servicios de localización fiables y disponibles en todos los *smartphones* del mercado, como es el GPS, el cual garantiza generalmente una alta precisión y disponibilidad.

Centrados en el rol del cuidador, es este el encargado de proveer y supervisar la correcta configuración de su tutorando. Incluso, el cuidador podrá visualizar las rutas realizadas por el usuario al ser notificadas mediante un informe a su correo electrónico, facilitando la tarea de supervisión y análisis.

Las pruebas realizadas hasta el momento determinan que el sistema ha logrado cumplir todos los objetivos básicos que se habían propuesto y respetando las especificaciones planteadas. Estas pruebas sólo han sido probadas por personas sin discapacidad intelectual, no obstante, el resultado positivo en todas ellas, incluso en la del usuario de 80 años, han llegado a plantear un especial interés en la utilización de este sistema para todos los públicos, especialmente para personas mayores.

Este trabajo queda como estudio previo a una evaluación con los usuarios finales, con la finalidad de obtener conclusiones que den pie al alcance de la herramienta y su aportación final a este colectivo.

8 | Trabajo Futuro

Como trabajo a realizar en una futura versión del sistema, se proponen varios aspectos de mejora con el fin de ampliar la utilidad de la herramienta.

Evaluación con usuarios finales: con el fin de obtener conclusiones más realistas de la herramienta, sería interesante realizar pruebas con personas con discapacidad intelectual.

Mejora de las instrucciones: se propone estudiar las ventajas que ofrecería añadir instrucciones complementarias sobre el guiado en diferentes hitos y transportes. Según la documentación aportada en el *Estado de Arte* 3, es interesante la posibilidad de añadir instrucciones sonoras y avisos en la realización de ciertos hitos. Un ejemplo de este tipo de avisos e instrucciones podemos observarlo en la Figura 3.3 relacionada con la aplicación *WayFinder*.

Integración de módulos: el sistema desarrollado utiliza una estructura modular que permite una fácil extensibilidad de la aplicación, lo que permite la colaboración futura de terceros módulos ya implementados. En el laboratorio *AmILab* se ha llevado acabo otros módulos del proyecto *AssisT* basado en personas con discapacidad intelectual. Es por esto que se propone la fusión de todos ellos, especialmente el proyecto de guiado en exteriores *AssisT-Out*, creando una herramienta más completa.

Versión tablet: expertos en el campo de la discapacidad intelectual como doña Ana Vargas García directora del C.P.E.E. Monte Abantos, sugirieron crear una versión tablet de la herramienta, puesto que aseguran que los individuos con este tipo de discapacidad utilizan estos dispositivos de manera fácil e intuitiva.

Bibliografía

- [1] Iso9999: Assistive products for persons with disability – classification and terminology, 2011.
- [2] Ricardo Anacleto, Lino Figueiredo, Paulo Novais, and Ana Almeida. Providing location everywhere. In *Progress in Artificial Intelligence*, pages 15–28. Springer, 2011.
- [3] Ricardo Anacleto, Nuno Luz, and Lino Figueiredo. Personalized sightseeing tours support using mobile devices. In *Human-Computer Interaction*, pages 301–304. Springer, 2010.
- [4] Kevin Michael Ayres, Linda Mechling, and Frank J Sansosti. The use of mobile technologies to assist with life skills/independence of students with moderate/severe intellectual disability and/or autism spectrum disorders: Considerations for the future of school psychology. *Psychology in the Schools*, 2013.
- [5] S. Carmien, R. DePaula, A. Gorman, and A. Kintsch. Increasing workplace independence for people with cognitive disabilities by leveraging distributed cognition among caregivers and clients. *Computer Supported Cooperative Work (CSCW)*, 13(5):443–470, 2004.
- [6] S.P. Carmien. Socio-technical environments and assistive technology abandonment. 2010.
- [7] M. Dawe. Understanding mobile phone requirements for young adults with cognitive disabilities. In *Proceedings of the 9th international ACM SIGACCESS conference on Computers and accessibility*, pages 179–186. ACM, 2007.
- [8] Timo Jokela, Netta Iivari, Juha Matero, and Minna Karukka. The standard of user-centered design and the standard definition of usability: analyzing iso 13407 against iso 9241-11. In *Proceedings of the Latin American conference on Human-computer interaction*, pages 53–60. ACM, 2003.
- [9] E.F. LoPresti, C. Bodine, and C. Lewis. Assistive technology for cognition [understanding the needs of persons with disabilities]. *Engineering in Medicine and Biology Magazine, IEEE*, 27(2):29–39, 2008.

- [10] Arnold Lund. Measuring usability with the use questionnaire. *Usability and user experience special interest group*, 8(2), 2001.
- [11] Robert L Schalock, Ruth A Luckasson, and Karrie A Shogren. The renaming of mental retardation: Understanding the change to the term intellectual disability. *Journal Information*, 45(2), 2007.
- [12] Steven E Stock, Daniel K Davies, Leslie A Hoelzel, and Rene J Mullen. Evaluation of a gps-based system for supporting independent use of public transportation by adults with intellectual disability. *Inclusion*, 1(2):133–144, 2013.
- [13] Marc J Tassé, Ruth Luckasson, and Margaret Nygren. Aaidd proposed recommendations for icd-11 and the condition previously known as mental retardation. *Intellectual and developmental disabilities*, 51(2):127–131, 2013.
- [14] D Wechsler. Wechsler adult intelligence scale—fourth edition (wais-iv)—deutsche version. *Hg. von F. Petermann. Frankfurt/Main: Pearson Assessment*, 2012.
- [15] Michael L Wehmeyer and Karrie A Shogren. Establishing the field of applied cognitive technology. *Inclusion*, 1(2):91–94, 2013.
- [16] Denise Wood, Parimali Raghavendra, Janelle Sampson, Sheila Scutter, Carolyn Bilsborow, Caitlin Fry, Margie Charlesworth, and Ian Kirk. if you leave it with me i will work it out": The benefits and challenges in using mainstream devices as assistive technologies for people with disabilities. *Telecommunications Journal of Australia*, 63(2), 2013.

A | Log generado en el caso de prueba

A continuación se muestra el Log generado en el caso de prueba del usuario Luis. En él se aprecia, entre otras cosas, la ruta, los pasos y hasta los botones de navegación que han sido pulsados.

```
\# TAG LEVEL TIME USER ACTION\_TYPE ACTION EXTRA\_INFO
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768295179 LUIS GENERAL START Start de App
03/01/2014 - 18:18
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768295179 LUIS GENERAL START Start the activity
LOADAPP.
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768295179 LUIS GENERAL LOCATION Latitude/Longitude:
40.446385/-3.6924609999999802 Current\_time: 1388768295
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768295277 LUIS GENERAL START start the activity
GUIDE
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768295278 LUIS GENERAL LOCATION Button 0: CASA
-> Coordinates destination (lat/Lng): 40.416897/-3.7030620000000454
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768295278 LUIS GENERAL LOCATION Button 1: TRABAJO
-> Coordinates destination (lat/Lng): 40.381835/-3.7803309999999933
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768295279 LUIS GENERAL LOCATION Button 2: ABUELO
-> Coordinates destination (lat/Lng): 40.423724/-3.69070799999999723
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768296531 LUIS INTERACTION BUTTON\_PUSH Button 0:
CASA Origin (lat/lng): 40.46682/-3.6893390000000018 -> Destination
(lat/lng): 40.416897/-3.7030620000000454
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768296693 LUIS GENERAL START start the activity
MAIN
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768296709 LUIS EXECUTION URL Requested url:
http://maps.googleapis.com/maps/api/directions/json?origin=40.46682,
-3.6893390000000018&destination=40.416897,-3.7030620000000454&region=
es&sensor=false&mode=transit&alternatives=true&departure\_time
=1388768296
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768302594 LUIS GENERAL ROUTE Route with less
transfers: 0
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768302594 LUIS GENERAL ROUTE Route with less
distance: 1
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768302594 LUIS GENERAL ROUTE Route with less
time: 1
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768302594 LUIS GENERAL ROUTE Route with less
stops: 2
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768302594 LUIS CONFIG ROUTE\_SELECT Route
fast: 1
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768302655 LUIS EXECUTION DRAW Vehicle: SUBWAY
```

```

        icon: lo
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768302657 LUIS EXECUTION IMAGE\_NUMBER NumberLine:
        10 colorLine: \#005aa9 type: SUBWAY
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768302657 LUIS EXECUTION STEP Route: 1 step: 0
        stepName: Hospital Infanta Sofia-Puerta del Sur stepDirection:
        Puerta Del Sur stepStop: Nuevos Ministerios
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768310166 LUIS INTERACTION BUTTON\_NEXT Clicked
        and enable. Next step: 1
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768310166 LUIS EXECUTION BUTTON\_PREV Enabled
        & Visible
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768310294 LUIS EXECUTION DRAW Vehicle:
        HEAVY\_RAIL icon: lo
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768310295 LUIS EXECUTION IMAGE\_NUMBER NumberLine:
        C-4 colorLine: \#005aa3 type: HEAVY\_RAIL
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768310295 LUIS EXECUTION STEP Route: 1 step: 1
        stepName: Parla-Atocha-Chamartin-Cantoblanco-Alcobendas S. Sebastian
        de los Reyes/Colmenar Viejo stepDirection: Parla stepStop: Puerta del
        Sol
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768313439 NO\_USER INTERACTION SOUND      Clicked
        and enabled
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768313439 NO\_USER EXECUTION TTS Sounding
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768315439 LUIS INTERACTION BUTTON\_FINISH Clicked
        and enable. Last step: 1
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768315439 LUIS GENERAL START start the activity
        GUIDE
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768315439 LUIS GENERAL LOCATION Button 0: CASA
        -> Coordinates destination (lat/Lng): 40.416897/-3.7030620000000454
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768315439 LUIS GENERAL LOCATION Button 1: TRABAJO
        -> Coordinates destination (lat/Lng): 40.381835/-3.7803309999999933
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768315439 LUIS GENERAL LOCATION Button 2: ABUELO
        -> Coordinates destination (lat/Lng): 40.423724/-3.6907079999999723
ASSIST-OUT-PT INFO 1388768779848 LUIS INTERACTION BUTTON\_QUIT Exit the
        App 03/01/2014 - 18:51

```

B | Cuestionario de Usabilidad

En este Anexo se recoge el cuestionario de usabilidad realizado durante el proceso de pruebas. Este cuestionario [10] contiene 29 preguntas cerradas para medir las variables de utilidad (8), facilidad de uso (10), facilidad de aprendizaje (4) y satisfacción (7) de la aplicación. Cada pregunta se evalúa en una escala *Likert* entre 1 (mínimo) y 5 (máximo).

CUESTIONARIO DE USABILIDAD

Con el siguiente cuestionario se pretende evaluar la usabilidad del prototipo desarrollado. Se evalúan una serie de aspectos relacionados con la usabilidad, valorándolos entre 1 (en desacuerdo, mala puntuación) y 5 (completamente de acuerdo, buena puntuación)

Usuario

Edad

Utilidad

1 2 3 4 5

1	Me ayuda a ser más eficaz					
2	Me ayuda a ser más productivo					
3	Es útil					
4	Me da más control sobre las actividades de mi vida					
5	La tarea que quiero llevar a cabo se realiza de la manera más sencilla posible					
6	Me ahorra tiempo cuando lo uso					
7	Satisface mis necesidades					
8	Hace todo lo que podría esperar que hiciera					

Facilidad de uso

1 2 3 4 5

1	Es fácil de usar					
2	Es simple de usar					
3	Requiere el mínimo número de pasos para llevar a cabo lo que quiero hacer					
4	Es flexible					
5	Utilizarlo no requiere mucho esfuerzo					
6	Lo puedo utilizar sin leer las instrucciones					
7	No encuentro ninguna contradicción cuando lo uso					
8	Tanto los usuarios regulares como los temporales les gustaría utilizarlo					
9	Puedo resolver los fallos rápida y fácilmente					
10	Lo puedo utilizar con éxito en cualquier momento					

Facilidad de aprendizaje

1 2 3 4 5

1	Lo aprendí a utilizar rápidamente					
2	Recuerdo fácilmente como utilizarlo					
3	Es fácil aprender a utilizarlo					
4	Rápidamente fui habilidoso utilizándolo					

Satisfacción

1 2 3 4 5

1	Estoy satisfecho con él					
2	Lo recomendaría a un amigo					
3	Es divertido utilizarlo					
4	Trabaja en la línea que deseo que lo haga					
5	Es maravilloso					
6	Siento que debo tenerlo					
7	Fue una experiencia agradable el utilizarlo					

C | Cuestionario de información personal

En este Anexo se recoge el cuestionario de información personal utilizado en las pruebas. Este describe información sobre el usuario: nombre, edad, sexo, conocimientos de las nuevas tecnologías, etc.

CUESTIONARIO

Nombre

Sexo

Edad

1	¿Utilizas el transporte público habitualmente?	Si	<input type="checkbox"/>
		No	<input type="checkbox"/>

2	¿Qué medio de transporte utilizas más?	Autobús	<input type="checkbox"/>
		Metro	<input type="checkbox"/>
		Tren	<input type="checkbox"/>
		Tranvía	<input type="checkbox"/>

3	¿Tienes smartphone?	Si	<input type="checkbox"/>
		No	<input type="checkbox"/>

4	¿Tienes internet en el teléfono?	Si	<input type="checkbox"/>
		No	<input type="checkbox"/>

5	¿Tienes instalada alguna app de transporte público en el teléfono?	Si	<input type="checkbox"/>
		No	<input type="checkbox"/>

En caso afirmativo de la pregunta 6:

6	¿Cuál es la app de transporte público que utilizas?	<input type="text"/>

7	¿Con qué frecuencia la usas?	Cada vez que uso el transporte	<input type="checkbox"/>
		Cuando voy a un lugar que no he visitado previamente	<input type="checkbox"/>
		Casi nunca	<input type="checkbox"/>
		Nunca	<input type="checkbox"/>

8	¿Para qué la usas?	Calcular rutas	<input type="checkbox"/>
		Calcular tiempo	<input type="checkbox"/>
		Saber horario	<input type="checkbox"/>